

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

Dynamická simulace logistických toků úseku obrobny
Dynamic Simulation of the Logistic Flows in a Machining Section

Student: Bc. Lucie Tomková
Vedoucí diplomové práce: Ing. Leo Tvrdoň, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lucie Tomková**

Studijní program: N6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208T020 Ekonomika podniku

Specializace: 00 Ekonomika podniku

Téma: **Dynamická simulace logistických toků úseku obrobny**
Dynamic Simulation of the Logistic Flows in a Machining Section

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretická a metodologická východiska logistiky a dynamické simulace
3. Charakteristika podniku Siemens, s.r.o. odštěpný závod Elektromotory Frenštát
4. Dynamická simulace posuzovaného procesu
5. Analýza procesu, návrhy a opatření
6. Závěr

Seznam použité literatury

Seznam zkratek

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Seznam příloh

Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, 2007. 272 s. ISBN 978-80-251-1621-0.

MACUROVÁ, Pavla. *Řízení rizik v logistice*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011. 250 s. ISBN 978-80-248-2538-0.

HARRISON, Alan a Remko I HOEK. *Logistics management and strategy: competing through the supply chain*. 3rd ed. New York: Prentice Hall Financial Times, 2008. 316 p. ISBN 02-737-1276-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Leo Tvrdoň, Ph.D.**

Datum zadání: 22.11.2013

Datum odevzdání: 25.04.2014



Ing. Josef Kašík, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
děkanka fakulty

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou svou diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením pana Ing. Lea Tvrdoně, Ph.D.

V Ostravě dne 25.4.2014

Bc. Lucie Tomková



Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Leu Tvrdoňovi, Ph.D. za poskytnutí odborných rad a cenných informací, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala zaměstnancům firmy Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Frenštát, kteří se mnou tematiku diplomové práce konzultovali.

Obsah

1	ÚVOD.....	5
2	TEORETICKÁ A METODOLOGICKÁ VÝCHODISKA LOGISTIKY A DYNAMICKE SIMULACE.....	6
2.1	LOGISTIKA	6
2.2	LOGISTIKA VE VÝROBNÍM PODNIKU	7
2.3	CÍLE UVNITŘ PODNIKU	9
2.3.1	Produktivita	9
2.4	VÝROBNÍ SYSTÉM	10
2.5	TYPOLOGIE VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ	12
2.5.1	Výrobní typy podle programu	12
2.5.2	Výrobní typy podle procesu	13
2.5.3	Výrobní typy podle použití vstupů.....	13
2.6	TEORIE OMEZENÍ.....	14
2.6.1	Druhy kapacitních úzkých míst.....	14
2.6.2	Princip systému DBR.....	15
2.7	PRŮBĚŽNÁ DOBA	15
2.7.1	Nástroje analyzující průběžnou dobu	17
2.8	VÝPOČET TECHNICKO – HOSPODÁŘSKÝCH NOREM SPOTŘEBY MATERIÁLU	18
2.8.1	Metoda výpočtu normy na základě úplných podkladů	19
2.8.2	Metody s určitou tolerancí nepřesností na základě úplnosti podkladů.....	19
2.8.3	Metoda bez základních podkladů.....	20
2.9	TECHNICKO-HOSPODÁŘSKÉ NORMY SPOTŘEBY ČASU	20
2.10	SIMULACE	25
2.10.1	Oblasti aplikace simulace.....	26
2.10.2	Fáze simulačního projektu	26
2.10.3	Witness.....	27
3	CHARAKTERISTIKA PODNIKU SIEMENS, S.R.O., ODŠTĚPNÝ ZÁVOD ELEKTROMOTORY FRENŠTÁT	29
3.1.1	Ekonomické výsledky SEM Frenštát	30
3.1.2	Organizační struktura	31
3.1.3	Představení produktu SEM Frenštát.....	32

4	DYNAMICKÁ SIMULACE POSUZOVANÉHO PROCESU	34
4.1	PARAMETRY PRO SIMULACI.....	35
4.2	SIMULACE S VYUŽITÍM DAT ZE SEM FRENŠTÁT	39
4.2.1	Simulace 450 minut.....	40
4.2.2	Simulace 6750 minut.....	41
4.2.3	Simulace 27000 minut.....	43
4.3	SIMULACE S NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI.....	45
4.3.1	Simulace 450 minut.....	45
4.3.2	Simulace 6750 minut.....	47
4.3.3	Simulace 27000 minut.....	49
4.4	SIMULACE PO ZMĚNĚ PRACOVNÍCH POZIC PRACOVNÍKŮ	50
4.4.1	Simulace 450 minut.....	51
4.4.2	Simulace 6750 minut.....	52
4.4.3	Simulace 27000 minut.....	54
5	ANALÝZA PROCESU, NÁVRHY A OPATŘENÍ	57
6	ZÁVĚR.....	60
	Seznam použité literatury.....	61
	Seznam zkratk	63
	Prohlášení o využití výsledků diplomové práce.....	64
	Seznam příloh.....	65

1 Úvod

Logistika je součástí veškerých činností probíhajících uvnitř i vně organizace. Jedná se např. o plánování rozmístění pracovišť, ergonomii na pracovišti, rozmístění zaměstnanců, organizování výroby, zásobování výroby materiálem, příjem materiálu na sklad, výdej zboží resp. materiálu ze skladu, kapacitní plánování, práci s úzkými místy aj. Veškeré tyto činnosti a procesy spojené s logistikou by měly probíhat v čase, který jim náleží. Jakákoliv časová ztráta je nositelem nákladů pro organizaci.

V současné době je k dispozici řada možností, jak si reálně přiblížit nejen výrobní proces. K zobrazení reálné situace průběhu procesu se využívá řada možností, jedna z nich se nazývá dynamická simulace. Simulace představují obraz skutečnosti v podobě, v jaké jsme ji realizovali nebo bychom chtěli realizovat. Budoucnost, kterou si díky simulaci můžeme reálněji představit, nám dá prostor pro včasné reakce na chyby, které bychom za jiných okolností viděli až po uvedení projektů do provozů. S využitím počítačových softwarů, které dynamické simulování umožňují, si můžeme přenést v podstatě jakoukoliv smysluplnou činnost do vizuální podoby. Dynamická simulace bude v průběhu simulovaného času pracovat s daty, jenž uživatel nadefinuje. Kvalita vstupních dat přímo úměrně souvisí s výstupními statistikami. Firma se na základě výsledků ze simulace může zaměřit na činnosti přidávající užitek¹ a současně racionálně provádět veškeré činnosti, které jsou technologicky nutné avšak nejsou nositeli užitku².

Diplomová práce se zaměřuje na simulaci procesu nově vznikajícího útvaru obrobny v podniku Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Frenštát (dále jen SEM). Simulace bude provedena v programu Witness Educational Manufacturing Performance Edition (dále jen Witness).

Cílem diplomové práce je vytvoření modelu logistických toků úseku obrobny podniku SEM, v programu Witness; porovnání několika variant a výběr nejlepší z nich. Modelové situace budou zobrazovat změny jednotlivých faktorů bezprostředně působících na model, a tím změny chování celého modelu a změny výstupu modelu.

¹ Místo přidávající užitek = Gemba.

² Činnosti technologicky nutné, nepřidávající užitek = MUDA.

2 Teoretická a metodologická východiska logistiky a dynamické simulace

Oblast logistiky je širokospektrá, dle svého působení. Budeme vycházet z mikrologistiky, která se zabývá logistickými řetězci uvnitř podniku.

2.1 Logistika

Logistika se zabývá dodáním správného výrobku na správné místo, v požadovaném množství, čase a jakosti, to vše s přijatelnými náklady. Macurová a kol. (2011, s. 5) tvrdí, že: *„za předmět logistiky jsou považovány fyzické a s nimi spojené informační a peněžní toky, které se uskutečňují při uspokojování požadavků po produktech (výrobcích i službách). Toky jsou projevem vzájemně závislých procesů od vzniku požadavků přes zpracování koncepce produktu a koncepce zabezpečovacích procesů zajištění materiálu, výrobu a distribuci až k zákazníkovi, včetně tzv. zpětných (reverzních) toků (odpadu, obalů a neshodných produktů). Propojením vzájemně závislých procesů vznikají logistické řetězce, esp. Při složitější struktuře jde o logistické sítě.“*

Macurová a kol. (2011, s. 6) říká, že: *„za logistický cíl je všeobecně považováno efektivní překonání prostoru a času při uspokojování požadavků koncových zákazníků neboli dosažení vysoké úrovně logistických služeb při přijatelných celkových nákladech všech zúčastněných článků.“* Zákazník vnímá míru uspokojení z logistických služeb, která mu byla poskytnuta vzhledem k míře, kterou očekával před realizací této služby. Znaky, které definují úroveň logistických (dodavatelských) služeb, jsou:

- úplnost dodávek,
- včasnost dodávek (termínová spolehlivost),
- termín dodání (možná konkurenční výhoda),
- schopnost reakce na neobvyklé změny v dodávce (flexibilita),
- jakost dodávek (neporušenost obalů, správný popis a označení výrobku, průvodní dokumentace, aj.),
- aj. požadavky související s konkrétním typem produktu. (Macurová a kol., 2011)

Macurová a kol. (2011) ve své publikaci uvádí, že v zájmu poskytovatele logistických služeb (zákaznického servisu) je poskytnout tyto služby minimálně v takové

míře, v jaké je vyžaduje zákazník. Dochází tak k uspokojení požadavků zákazníka. Poskytované logistické služby (zákaznický servis) v sobě vážou řadu nákladů, jako jsou například:

- náklady na řízení, plánování, realizaci hmotných toků,
- náklady na držení zásob (náklady na skladování, znehodnocení, pojištění a zcizení zásob, náklady spojené s vázaností kapitálu),
- náklady z nedostatečné úrovně logistických služeb,
- náklady na manipulaci,
- náklady na značení, balení a expedici,
- náklady na sdružování, rozdělování či kompletaci dodávek aj.

Za základní východisko logistiky považuje Horváth (2007) obecnou teorii systémů, přičemž ta se jeví jako teoretická disciplína, která definuje logické pojmy, jako jsou samotný systém, prvky a vazby systému (uvnitř i vně systému – okolí systému), dále zkoumá působení faktorů ovlivňující systém, cíle a ovladatelnost systému. Logistika ve vztahu k systému je komplex vzájemně působících komponent. Každý systém je nutné předem vymezit počtem znaků, vlastností, vazbami apod.

Správnou funkci systému řeší splnění tzv. provozních charakteristik systému:

- čas systému,
- náročnost systému na potřebné zdroje,
- spolehlivost systému,
- pružnost systému.

2.2 Logistika ve výrobním podniku

Horváth (2007) ve své publikaci uvádí, že nejčastějším objektem logistiky je zboží a to v různých podobách, např.: materiál, polotovar, surovina, komponent, hotový výrobek, nedokončený výrobek aj. Logistické vnímání chápe realitu jako komplexní systém s vymezenými hranicemi. Tyto hranice jsou tvořeny pozorovanými objekty, které jsou součástí oblasti, v níž je logistika aplikována. Oblasti aplikace logistiky je možné rozdělit na dvě velké části, a to na makrologistiku a mikrologistiku.

Mezi objekty makrologistiky lze zařadit:

- dodavatele materiálu,
- zásobování výroby materiálem,
- expedici výrobku,
- velkoobchod,
- maloobchod,
- zákazníky.

Dodavatelé materiálu a zásobování výroby materiálem je v podnicích označováno jako zásobovací logistika nebo nákupní logistika. Expedice výrobku, velkoobchod, maloobchod a zákazníky označujeme jako logistiku distribuční nebo též logistiku obchodní.

V podnicích se pod názvem mikrologistika ukrývá výrobní nebo podniková logistika. Mikrologistika je tvořena jednotlivými procesy, které jsou navzájem propojené. Macurová a kol. (2011) ve své publikaci uvádí, že propojením procesů vzniká logistický řetězec (logistic chain).

Logistický řetězec je systém, který je dále dekomponován na subsystém technický a řídicí. Technický subsystém tvoří obslužné prvky a prvky obsluhované, jedná se např. o výrobní zařízení, vybavení vozového parku, vybavení skladů aj. Řídicí subsystém tvoří pracovníci, řídicí útvary, používané nástroje pro řízení, informační systémy, evidenční systémy, systémy kontroly, komunikační kanály. Cílem řídicího subsystému je tvorba, udržení a rozvoj logistického systému, organizování a řízení bezproblémového toku.

Macurová a kol. (2011, s. 9) ve své publikaci tvrdí, že „mezi jednotlivými procesy v logistickém řetězci existují rozhraní. Logistické rozhraní je přechodem mezi dvěma navazujícími články (procesy) v logistickém řetězci, kdy sousední články mají odlišné vlastnosti. Rozlišujeme interní rozhraní (uvnitř jedné organizace) a externí rozhraní (mezi organizacemi, mezi státy). Logistické rozhraní v podniku může mít podobu nesladěných dávkových a časových režimů, nesladěnosti v motivačních kritériích, nekompatibility v organizaci práce, v používané terminologii, aj.“

Logistický řetězec ve výrobním podniku je založený na toku materiálu a informací v podniku a je tvořen:

- zásobováním výroby materiálem,
- výrobou,
- expedicí výrobků. (Horváth, 2007)

2.3 Cíle uvnitř podniku

Tomek, Vávrová (2000) ve své publikaci blíže specifikují cíle uvnitř podniku, které jsou utvářeny napříč podnikem; podstatou je, že vycházejí z hlavního cíle, který je deklarován vrcholovým managementem. Vrcholový management nebo též vedení podniku si klade za cíl ziskovost, zvýšení rentability a likviditu. K prvnímu stupni cílů (odvozených od hlavního cíle řadíme cíle středního managementu, pod který dále spadá výroba, financování a nákup. Mezi cíle prvního stupně zahrnujeme snížení výrobních nákladů, zlepšení kapitálové struktury, zvýšení obrátu prostředků. Druhý stupeň odvozených cílů v podnicích předkládá nejnižší management; mezi takové cíle patří snížení materiálových nákladů, snížení mzdových nákladů, zlepšování chodu strojů, snížení zásob, výběr vhodných dodavatelů, získání krátkodobého úvěru, získání výhodného úroku aj. Cíle v podnicích vytváříme s ohledem na jakost, dodržení dodacích lhůt, rentabilitu, na úsporu nákladů, na dodržení předpisů týkajících se bezpečnosti práce aj.

Při řízení výroby rozlišujeme tři základní ukazatele, kterými analyzujeme vztah mezi vstupem a výstupem. Jedná se o produktivitu, efektivnost a rentabilitu.

2.3.1 Produktivita

Tomek, Vávrová (2000) ve své publikaci charakterizují produktivitu jako míru výtěžnosti daného procesu vyjádřenou v množství. Produktivitu lze vypočítat takto:

$$produktivita = \frac{\text{získané množství}}{\text{množství použitých faktorů}} \quad (2.1)$$

$$produktivita\ práce = \frac{\text{získané množství}}{\text{počet pracovníků}} \quad (2.2)$$

$$strojní\ produktivita = \frac{\text{získané množství}}{\text{počet používaných strojů}} \quad (2.3)$$

$$materiálová\ produktivita = \frac{\text{získané množství}}{\text{spotřeba materiálu}} \quad (2.4)$$

Efektivnost je dána požadavky maximalizace výkonů v poměru k vloženým nákladům, jak uvádí Tomek, Vávrová (2000). Je vhodné takto poměřovat plánované a skutečné náklady a vypočítá se následovně:

$$efektivnost = \frac{\text{výkon}}{\text{náklady}} \quad (2.5)$$

Tomek, Vávrová (2000) ve své publikaci blíže specifikují zúročení vloženého kapitálu v daném časovém období, které vyhodnocuje rentabilita. Ta je definována v procentech a vyjádřena jako:

$$rentabilita = \frac{\text{zisk}}{\text{kapitál}} \times 100 \quad (2.6)$$

Horváth (2007) tvrdí, že vývoj procesů uvnitř podniku a variabilita působení okolí na podnik samotný definuje řadu způsobů, jak zvyšovat výnosy a snižovat náklady. K zvyšování výnosů může docházet zvyšováním kvality produktů dodávaných zákazníkovi (čímž se zvýší celková hodnota produktů vnímaná zákazníkem), zvyšováním flexibility dodávek produktů zákazníkovi. Dalším cílem je neustálý trend ve snižování nákladů prostřednictvím snižování nákladů na materiál, práci, využívané energie, snižováním vázanosti investičního a provozního kapitálu v podniku.

2.4 Výrobní systém

Autoři Tomek, Vávrová (2000) definují výrobní systém uvnitř podniku jako cílevědomé lidské chování, kdy se využívají disponibilní vstupní faktory, které jsou vhodným transformačním procesem přetvářeny v hodnotné výstupy s takovým výsledkem, aby docházelo k uspokojování potřeb po věcných statcích či službách.

Vstupní faktory do procesu mají podobu spotřebních a potenciálních elementů. Mezi spotřební elementy řadíme:

- materiály, jež tvoří podstatné části výrobků (suroviny, polotovary, produkty druhovýroby, normované díly, součásti, cizí díly a výrobky),
- materiály, jež tvoří nepodstatné části výrobků (pomocné materiály),
- provozní – režijní materiály,
- obchodní zboží.

Předmětem řízení výroby je tedy systém, který specifikuje potřebu vyráběného množství, upřesňuje jednotlivé termíny zadávání a odvádění jednotlivých dávek nebo operací.

Horváth (2007) ve své publikaci blíže specifikuje výrobní podnik jako systém, jenž uspokojuje poptávku po svém produktu. Úspěšný proces výroby je vybudován v nabídce takových hodnot na trhu, které jsou představovány dávkou diferenciací od konkurence. Nabídka nových materiálních hodnot je podmíněna rovnováhou tří zájmových subjektů. Mezi zájmové subjekty řadíme investory, kteří usilují o zhodnocení svého vloženého kapitálu, druhou zájmovou skupinou jsou zaměstnanci, kteří mají zájem na inkasování patřičné odměny za své hospodaření s kapitálem investorů, a třetí skupinu představují zákazníci, kteří projevují zájem o materiální hodnoty nabízené podnikem v patřičné kvalitě a ceně, která je akceptována trhem.

Kapacita je chápána jako schopnost určitého výkonu výrobního zařízení či celého výrobního systému, to vše ve zvoleném časovém intervalu. Kapacita výrobního zařízení je predikována úkony, které mají být na kapacitní jednotce řešeny. Potenciální možnosti kapacitní jednotky jsou dány druhem a jakostí kapacitní jednotky, přičemž můžeme říci, že se jedná o kvalitativní schopnosti výkonu dané jednotky. Výkon můžeme popsat ne pouze kvalitativně, ale i kvantitativně.

Z pohledu podniku můžeme kapacitu měřit na výstupu, přičemž zásadním faktorem je čas. V určitém časovém okamžiku představuje kapacita za předem dané období maximum rozsahu výkonů, které kapacitní jednotka podává. Množství výroby uvádíme v kusech, tunách, litrech, metrech atd.

Možný čas práce výrobního zařízení označujeme jako čas pro možný výkon. Využitelný výkon je odvozen od podnikové pracovní doby, která se může lišit v rámci podniků nebo i v rámci pracovišť uvnitř podniku. V rámci podnikové pracovní doby musí být zohledněny ztráty, které zabraňují jinak maximálnímu využití času.

Mezi ztráty zapříčiňující úplné využití řadíme:

- ztrátový čas zapříčiněný výrobními prostředky (opravy, kontroly, výměny nástrojů aj.),

- ztrátový čas zapříčiněný zaměstnancem (nemoc, dovolená),
- další ztrátové časy (celopodnikové akce).

Elasticitou rozumíme schopnost přizpůsobit se změně pracovních úkolů. Elasticita kvalitativního charakteru představuje možnosti obsazení výrobního systému jednoúčelovými, speciálními, víceúčelovými či univerzálními výrobními prostředky. Oproti tomu kvantitativní elasticita reaguje na změny množství, které je schopna za svých podmínek provozu pojmout. Elasticita pracovní síly představuje schopnosti, dovednosti, um pracovníka provádět různé pracovní operace.

2.5 Typologie výrobních systémů

Při typologii výrobních systémů vycházíme z modelu vstup – transformace – výstup. Výrobní systém dělíme dle vztahu k programu (výstupu), procesu (transformaci) a vstupů.

2.5.1 Výrobní typy podle programu

Tomek, Vávrová (2000) ve své publikaci uvádí, že se jedná o typologii, která je na straně výstupu z výrobního programu. Výstupem může být produkt materiální (stroje, potraviny atp.) nebo produkt nemateriální povahy (jde o lidskou práci, práci stroje, služby, informace aj.). Výrobní typy dle programu členíme podle:

- počtu vyráběných druhů – jedná se o rozsah vyráběného sortimentu. Dle nabídky na trhu rozlišujeme výrobu jednoho druhu produktu (surové železo) a výrobu více druhů,
- množství výrobků vyráběných najednou – množství výrobků vyráběného v jednom výrobním programu se odvíjí od projektu výroby. Tento projekt výroby může specifikovat:
 - výrobu kusovou, která je výsledkem individuální zakázky; výrobní zařízení v tu chvíli vykazuje vysoký stupeň flexibility. Kusová výroba má malou možnost předpovědi požadavků, dodací lhůty u produkce jsou dlouhé,
 - výrobu sériovou (malosériová, středněsériová a velkosériová). Výrobní úsek předpokládá výrobu omezeného počtu stejných nebo relativně shodných výrobků. Plánování sériové výroby vychází z velikosti zakázky, výrobní dávky, termínů a zásob na skladech. Každá změna jinak sériové výroby si vyžaduje jistou přípravu strojů a zařízení do takového stavu, aby odpovídal potřebné výrobní dávce. Každá

přestavba zařízení je spojena s jistou časovou prodlevou a zkušebními testy, zda je zařízení připraveno na plynulou výrobu,

- hromadná výroba je charakterizována výrobou jednoho druhu výrobku v masovém měřítku s vysokým stupněm mechanizace a automatizace. Klademe důraz na odstranění monotónnosti práce
- vztahu k odbytu – dělí výrobu na zákaznickou a výrobu orientující se pro trh. Pro zákaznickou produkci je charakteristický konkrétní termín výroby, úzce specifikovaný druh výrobku a nestandardní způsob dodání. Oproti tomu výroba orientující se na trh je svou produkcí rozsáhlá, spotřebitele chápe (oproti výrobě zákaznické) v obecnějším měřítku. Produkce pro konkrétní trh vychází z marketingových průzkumů a výrobky jsou často vyráběny ve větším měřítku tzv. na sklad. Předpokládáme stavebnicovou výrobu, kdy komponenty nezbytné pro výrobu jsou k dispozici ve skladových prostorech a jejich kompletace probíhá až ve chvíli, kdy je vznesen požadavek zákazníka.

2.5.2 Výrobní typy podle procesu

Výrobní úseky jsou logicky organizačně uspořádány. Vliv na uspořádání má tedy:

- technologický princip, jenž vychází ze stejného typu operací, které jsou na konkrétním pracovišti prováděny. Organizační jednotky (dílny) jsou tedy prostorově soustředěny do jednoho pracoviště v závislosti na technologickém postupu, který je předdefinovaný každému typu zakázky. Mezioperační manipulace si vyžaduje logistickou propracovanost v důsledku své složitosti. Mezi jednotlivými pracovišti jsou jako řešení často vytvářeny mezisklady. Typickým příkladem jedné organizační jednotky v závislosti na technologickém postupu jsou lisovny, strojírny, brusírny, navijárny aj.,
- předmětný princip, jenž se soustředí na zhotovené výrobky. Typy předmětného uspořádání dělíme dle: jednotného materiálového toku výroby v centrech. (Tomek, Vávrová 2000)

2.5.3 Výrobní typy podle použití vstupů

Vstupy resp. výrobní faktory použité při výrobě se podílejí na produkci různým podílem. Z hlediska podílu vstupů na produkci rozlišujeme materiálově, pracovně, informačně intenzivní produkci a dále produkci intenzivní na výrobní zařízení. Výroba je

zde organizována v pružných výrobních systémech. Jedná se například o rafinerii ropy, převládající ruční práce, nakladatelství.

Z pohledu jakosti vstupů jde o konstantní nebo nepravidelnou úroveň vstupů. Nepravidelná jakostní úroveň vstupu je charakterizována různými jakostmi vstupů výrobních faktorů, rovněž výstupy predikované touto rozkolísaností mají za následek zařazování konečné produkce do různých jakostních kategorií. Tyto rozmanité jakostní kategorie jsou označovány jako výroba ve výrobních partiích, příkladem je keramická výroba. (Tomek, Vávrová 2000)

2.6 Teorie omezení

Macurová (2010) ve své publikaci říká, že teorie úzkých míst³ charakterizuje výrobní systém, který nebude nikdy vyvážený do takové míry, aby byla existence úzkého místa popřena. Úzké místo představuje nejslabší článek ve výrobním řetězci, který určuje výkon systému jako celku. Úzké místo musíme proto plně využívat. Teorie úzkých míst uplatňuje princip tahu; vycházíme tedy z požadavků zákazníka a co největšího využití úzkého místa. Ztráty na úzkém místě predikují ztráty pro celý systém. Čas získaný na pracovišti, které úzkým místem není, je pro proces bezvýznamný.

2.6.1 Druhy kapacitních úzkých míst

Kapacitní úzká místa jsou nejpomalejší části výroby; vyskytuje se na nich velký počet poruch, který má za následek malý využitelný časový fond. Dalším prvkem je zde výroba neshodných produktů ve velkém množství. Na kapacitní úzká místa jsou kladeny největší kapacitní nároky.

Stálé úzké místo je charakterizováno jako stejné pracoviště. Stálé úzké místo může být zapříčiněno náročností technologie na dané operaci. Protikladem stálých úzkých míst jsou pohyblivá úzká místa, která se mění v závislosti na struktuře a vývoji výrobního programu.

Nekapacitní úzké místo v podniku představují drahá investiční zařízení, chyby vyskytující se v personální politice, špatně konstruovaná strategie nebo nedostatečný průzkum trhu.

³ Teorie úzkých míst = teorie omezení, anglicky: Theory of constraints (TOC)

Macurová (2010) ve své publikaci uvádí jednotlivé aplikace principů TOC v plánování a řízení výroby, které jsou představovány:

- řízením výroby systémem DBR⁴,
- softwarovými produkty pro APS⁵,
- tvorba výrobního programu pomocí TOC.

2.6.2 Princip systému DBR

Principem a současně hlavním cílem systému DBR je snaha o minimální kumulaci zásob při maximálním možném průtoku. Jedná se o princip tahu. Každý z prvků systému DBR má své funkce.

Hlavním prvkem je buben, který udává rytmus výroby, jedná se tedy o úzké místo, které představuje prioritu v systému. Je důležité, aby bylo dosaženo maximální propustnosti systému. Úzké místo (dále jen ÚM) je z hlediska výrobních dávek co nejvíce využito.

Časový zásobník (neboli též nárazník) plní funkci časového předstihu ve výrobě před ÚM. Nárazník tedy v patřičnou chvíli zajistí, aby byla výroba plně využita bez časových ztrát z případných nedostatků, které mohou vznikat v souvislosti s poruchami ve výrobě předcházející. Plní tedy funkci pojistky. Zásoby umísťujeme ve výrobě před ÚM a před pracoviště montáže. Můžeme též vycházet z předpokladu, že zásoby umístíme před pracoviště s malou četností výskytu ve výrobě. Aktuální stav zásobníků se vizualizuje, čímž je neustále pod kontrolou jeho naplnění v určitém časovém období. Není cílem, aby bylo dosaženo neustále 100% naplnění. Důležité je, aby kritická místa ve výrobě byla patřičně zabezpečena dostatečnou zásobou, která tak zajistí plynulost výroby v případě nenadálých situací, které mohou v procesu výroby nastat. (Macurová, 2010)

2.7 Průběžná doba⁶

Košтуриak (2010) ve své publikaci říká, že ke zlepšování procesů dojde v situaci, kdy se zaměříme na úzká místa, redukuje průběžnou dobu a variabilitu nestabilních procesů.

Macurová (2010) ve své publikaci rozlišuje průběžnou dobu z pohledu zákazníka a z pohledu logistiky. Zákazník vnímá průběžnou dobu od vznesení svého požadavku až do

⁴ DBR systém řízení výroby = Drum- Buffer –Rope, ve volném překladu se jedná o systém Buben – Nárazník (Zásobník) – Lano.

⁵ APS (Advanced Production Scheduling) představuje systém pokročilého plánování výroby.

⁶ Průběžná doba – angl. Throughput Time, Lead Time.

chvíle dodání produktu nebo realizace služby. Logistická průběžná doba je oproti průběžné době vnímané zákazníkem delší o fáze procesů, které probíhají až do bodu rozpojení zákaznickou objednávkou.

Průběžnou dobu můžeme porovnávat z různých úhlů pohledu. Jedním z nich může být srovnání doby, kterou požadoval zákazník, s dobou, která je skutečná. Můžeme rovněž srovnávat s konkurenčními podniky či stanovenými firemními cíli.

Synchronizace činností je nedílnou součástí průběžné doby. Cílem výrobního procesu by mělo být takové sladění, aby se ve výrobním procesu nevyskytovaly interakce mezi navazujícími pracovišti. Zpravidla se jedná o čekání na ukončení činnosti na předcházejícím pracovišti, či čekání na uvolnění pracoviště následného. Čím je synchronizace vyšší, tím je vyváženější tok výroby, tím jsou kratší průběžné doby a tím menší vznikají zásoby rozpracovanosti.

Průběžná doba se skládá z činností, které přidávají hodnotu zákazníkovi⁷ a které nepřidávají hodnotu zákazníkovi⁸. Jde o takovou hodnotu vnímanou zákazníkem, která je vyjádřitelná ve formě užitku. V pracovním procesu se však vyskytují takové činnosti, které hodnotu zákazníkovi nepřidávají, nicméně jsou pro proces nepostradatelné a technologicky nutné. Jedná se např. o manipulace, přemísťování atd. Všeobecně je podmíněno, že činnosti, jež nepřidávají užitek⁹, je nutno redukovat.

Průběžnou dobu můžeme měřit dle ukazatele VAR, který vyjadřuje podíl přidávání hodnoty v průběžné době, jak uvádí Macurová (2010).

$$VAR \text{ u sériových činností} = \frac{\text{Doba trvání činností přidávajících hodnotu}}{\text{Celková průběžná doba}} \times 100 \quad (2.7)$$

$$VAR \text{ u paralelních činností} = \frac{\text{Doba trvání činností přidávajících hodnotu}}{\text{Suma všech časů}} \times 100 \quad (2.8)$$

⁷ Činnosti přidávající hodnotu pro zákazníka = Value Added.

⁸ Činnosti nepřidávající hodnotu pro zákazníka = Non Value Added.

⁹ Muda – ztráty, jedná se o činnosti nepřidávající užitek. Dále se dělí na Muda 1 – ztráty typu 1: činnosti technologicky nutné, Muda 2 – ztráty typu 2: činnosti technologicky zbytečné. Opakem Muda jest Gemba – jedná se o místo nebo činnost, které užitek přidává.

2.7.1 Nástroje analyzující průběžnou dobu

Macurová (2010) uvádí, že existuje řada nástrojů, pomocí nichž můžeme průběžnou dobu analyzovat. Jedná se o Ganttovy diagramy, síťové grafy, postupové diagramy, mapy toku hodnot.

Ganttův diagram může nabírat řady podob, vychází však z jediného principu. Vždy je na jedné ose znázorněn časový průběh a druhá osa znázorňuje činnosti probíhající v procesu. Na základě technologických postupů se vypracuje průběh činností na jednotlivých pracovištích současně s jejich dobou trvání. Dle rozepsání jednotlivých úkonů tak lze vhodně analyzovat, na kterém z pracovišť se úkoly překrývají, a tudíž dochází k čekání na uvolnění pracoviště, či naopak dochází k nevyužití pracoviště z důvodu prostojů.

Postupový diagram je rovněž rozepsán na jednotlivé kroky v procesu. Každý krok je ohodnocen grafickým symbolem, který vyjadřuje jednotlivé úkony. Podniky si tyto symboly volí dle svého uvážení a potřeby. Mezi nejčastější patří symboly pro balení, přesun, manipulaci, skladování, čekání. Každý z úkonů je i časově a vzdálenostně (týká se přeprav, přesunů aj.) ohodnocen. Postupový diagram tedy vypoví o délce a struktuře průběžné doby a je přírodním vodítkem pro případné zlepšení.

Síťový graf je tvořen jednotlivými uzly a spojnicemi mezi těmito uzly. Spojnice mezi uzly jsou označeny jednoduchou orientační šipkou (orientovaný graf), která určuje směr. Jedná se o jednotlivé hrany grafu. Neorientovaný graf nemá předdefinovaný směr, můžeme se tedy pohybovat jak z uzlu u_1 do u_2 , tak z uzlu u_2 do u_1 . Hrany s obousměrným pohybem v grafu označujeme jako neorientované hrany. Každá hrana i uzel grafu jsou ohodnoceny jednou či více charakteristikami. Tyto charakteristiky mohou představovat vzdálenosti, doby trvání jednotlivých činností nebo náklady spojené s realizací. Pro každý síťový graf jsou charakteristické dva uzly, přičemž jeden představuje vstup a druhý výstup. Hlavním smyslem tvorby síťového grafu je nalezení nejkratší cesty v grafu mezi vstupním a výstupním uzlem. Procesy se však neobejdou bez některých činností, které jsou nezbytné, představují tzv. kritickou cestu, která se stanovuje pomocí metody CPM¹⁰. Pokud dojde k prodloužení doby trvání činností, které označujeme jako kritické, dojde k prodloužení doby trvání celého projektu. (Jablonský, 2002)

¹⁰ CPM – Critical Path Metod – metoda kritické cesty.

Macurová (2010) definuje takt jako časový úsek, po jehož uplynutí se práce opakuje. Rozlišujeme takt pracoviště, který je dán dobou trvání operace na i-tém pracovišti a následnou dobou předání na další pracoviště, tedy časem nutným pro patřičnou manipulaci. Takt linky je vyjádřen dobou, po jejímž uplynutí se opakuje každá z operací na lince, přičemž je dán taktem ÚM – taktem nejpomalejšího pracoviště.

Koeficient synchronizace i-tého pracoviště vypočteme takto:

$$k_i = \frac{t_i}{T} \quad (2.9)$$

t_i – doba trvání i-té operace,

T – takt linky.

Koeficient synchronizace linky vypočteme jako:

$$k_{lin.} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n * T} \quad (2.10)$$

n – počet pracovišť na lince,

k_i – koeficient synchronizace i-tého pracoviště,

T – takt linky,

$k_{lin.}$ – koeficient synchronizace na lince.

2.8 Výpočet technicko – hospodářských norem spotřeby materiálu

Předpokladem užití výpočtu THN spotřeby je přesné definování potřebného materiálu pro výrobu, stanovení příslušných norem spotřeby v měrové jednotce a stanovení jednoznačných technologických podmínek, kterých se norma týká. Metody stanovení normy spotřeby materiálu rozlišujeme dle stupně přesnosti dosažených výsledků, který je dán rozsahem a specifikací podkladů, které máme k dispozici.

2.8.1 Metoda výpočtu normy na základě úplných podkladů

Z hlediska časové náročnosti (i co se týče získávání podkladů) jde o nejpracnější metody. K podkladům řadíme výkresy, kusovníky, technologické a manipulační postupy. Metody výpočtu využíváme tam, kde jde o opakovanou výrobu, tzn. od středně sériové výroby až po výrobu hromadnou, nebo v situaci, kde je materiál z omezených zdrojů, či je spotřebováván materiál s vysokou hodnotou. Metod výpočtu je celá řada, mají charakter propočtově analytický nebo pokusně analytický. (Tomek, Vávrová 2000)

Propočtově analytické metody¹¹ vycházejí z přesných podkladů konstrukční přípravy výroby a technologické přípravy výroby, jak ve své publikaci uvádí Macurová (2010). Dle konstrukčních výkresů propočteme potřebný objem součástek a na základě určené hmotnosti výchozího materiálu stanovíme čistou hmotnost součástek. Dle technologického postupu na opracování stanovíme ztráty (vzniklé broušením, řezáním apod.) a odpad. Ztráty a odpad definujeme ve struktuře materiálu jako neužitečnou spotřebu. Odpad však můžeme dále dělit na vratný a nevratný.

Pokusně analytické metody vycházejí z propočtů realizovaných na základě měření a vážení buď za provozu, je-li to možné, nebo v laboratorních podmínkách. Pokusně analytické metody je vhodné aplikovat v oblasti, kdy před samotným zahájením výroby ověřujeme technologické postupy. (Tomek, Vávrová 2000)

2.8.2 Metody s určitou tolerancí nepřesností na základě úplnosti podkladů

Aplikace těchto metod je vhodná především v procesech, u kterých je nemožné určení norem spotřeby předchozími metodami, nebo je neúčelné. Metody využíváme v malosériové a kusové výrobě, kde je technická příprava méně propracovaná do hloubky. Vychází se z podobnosti výrobků. K dispozici máme součást nebo výrobek, na který máme normu spotřeby stanovenou z předchozích metod. Při stanovení norem spotřeby na nový výrobek či součást vycházíme tedy z předchozích analogií.

Mezi nejznámější řadíme metodu typových reprezentantů nebo též metodu představitelů. Metodu využíváme v situaci, kde výrobky tvoří ucelenou typovou řadu odlišující ony jednotlivé typy velikostí, výkonem či hmotností aj. Z výrobkové řady si

¹¹ Mezi metody vycházející z úplných podkladů řadíme: metoda zaměřující se na optimalizaci odpadu – optimalizační metoda z oblasti lineárního programování (řezné a nástřihové plány), metoda zaměřená na propočet čisté spotřeby.

určíme jeden výrobek, který bude představitelem onoho typového reprezentanta. Při výběru výrobku do pozice typového reprezentanta se řídíme buď tím, že se jedná o výrobek nejčastěji vyráběný, nebo jde o výrobek stojící ve středu řady. Pro reprezentanta stanovíme normu spotřeby materiálu propočtově analytickou metodou.

2.8.3 Metoda bez základních podkladů

Metoda statisticky sleduje skutečnou spotřebu v minulém období anebo údaje odhaduje. Normu stanovíme celkovou, to ve skutečnosti znamená bez určení jednotlivých složek spotřeby, jako jsou čistá spotřeba, možné ztráty a případný odpad. Normy stanovené odhadem však nejsou ekonomicky ani technicky podložené a zdůvodnitelné. Odhadovou metodu budoucí spotřeby můžeme využít při definování dosud technologicky nového výrobku. (Tomek, Vávrová 2000)

2.9 Technicko-hospodářské normy spotřeby času

Normováním práce určujeme optimální spotřebu času na konkrétní pracovní operace, které vykonávají zaměstnanci na jednotlivých pracovištích. Výsledky normované práce využíváme k proporcionálnímu rozdělení fondu pracovního času mezi různé práce, vykonávané pracovníky na jednotlivých pracovištích. Dále se výsledky normované práce dají využít při ekonomických propočtech a stanovení potřebného počtu výrobních zařízení, ke sledování využití výrobní kapacity současného výrobního zařízení, ke stanovení počtu pracovníků, k sestavení harmonogramu práce, k měření množství vynaložené práce jednotlivými pracovníky a v neposlední řadě k diferenciaci výdělků pracovníků.

Analýza pracovní metody předchází procesu normování času. Cílem této analýzy je především odstranění duplicit, zkrácení vzdálenosti při předávání materiálů aj. Smyslem je výsledný pracovní postup, který při dostupných technologických a organizačních možnostech zaručuje co nejefektivnější využití všech daných činitelů při zachování co nejkratšího časového průběhu procesu. Analýza pracovní metody využívá jak klasické grafické znázornění činností, tak i prostředky, jako jsou: pohybové studie, postupové a oběhové diagramy, diagramy složitých činností, diagramy pracovního postupu aj. (Tomek, Vávrová 2000)

Pro potřeby analýzy a normování práce je důležité rozdělení pracovního času pracovníka, který znázorňuje Tab. 2.1 – Čas směn.

Tab. 2.1 – Časy směn

ČAS SMĚNY			
čas normovaný		čas nenormovaný, ztráty času T_z	
čas práce T1	kusový	ztráty osobní	zaviněné
	přípravy	TD	nezaviněné
	manipulace	technicko-organizační ztráty TE	způsobené čekáním TE2
čas obecně nutných přestávek T2	na oddech		způsobené víceprací TE1
	na přirozené potřeby	ztráty zaviněné vyšší mocí TF	
	ze zákona		
čas podmíněně nutných přestávek T3	daný stávající organizací práce		

Zdroj: Přepřacováno dle Macurová (2010, s. 33)

Macurová (2010) ve své publikaci říká, že čas normovaný má charakter času jednotkového, dávkového nebo směnového. Jednotkový čas se vztahuje k jednotce produkce (např. frézování 1 kusu výrobku). Dávkový čas je konstantní, souvisí s jednou dávkou, ale není závislý na velikosti dávky. Jde kupř. o čas přípravy a zakončení práce na dávce. Nezahrnujeme časy jednotkové povahy. Čas směnový¹² se spotřebovává bez ohledu na velikost dávek, počet dávek a počet provedených jednotek. Jde o čas konstantní, který zabezpečuje průběh práce během pracovní směny. (Tomek, Vávrová 2000)

¹² Čas směnový se týká např. přípravy pracoviště před samotným zahájením výrobního procesu (směny), úklid pracoviště po skončení směny, zákonný čas na svačinu apod.

$$Norma\ spotřeby\ času = TA + TB + TC \quad (2.11)$$

Tab. 2.2 – Symboly využívané při propočtu normy spotřeby času

KATEGORIE	SYMBOL
Čas jednotkový	TA
Čas dávkový	TB
Čas směnový	TC

Zdroj: Přepřacováno dle Macurová (2010, s. 34)

Tab. 2.2 zobrazuje symboly časů využívané při popisu jednotlivých časů ve směnách. Jednalo-li by se o časy v rámci jednotlivých složek operací, symboly bychom zobrazovali malými písmeny, např. tA1 – jednotkový čas práce, tB2 – dávkový čas obecně nutných přestávek. Metody stanovení spotřeby času dělíme na přímé a nepřímé. Mezi přímé patří: snímek operace (chronometráž) a snímek pracovního dne. K nepřímým řadíme: momentové pozorování, odhadové metody, metody předem stanovených časů, statistické metody.

Chronometráž neboli snímek pracovní operace představuje metodu, která zkoumá spotřebovávaný pracovní čas u opakujících se operací nebo jen jejich úkonů – částí. Cílem je stanovení průměrné spotřeby pracovního času, jenž je potřebný na provedení jednotlivých dílčích úkonů. Informace o průběhu výroby zajišťujeme pomocí pozorování a měření, které musíme několikrát opakovat. Vyloučíme vlivy náhodných okolností. Před započítáním chronometráže je vhodné podrobně se seznámit s prováděnou operací, připravit si veškeré příslušné formuláře a tabulky pro měření, popsat jednotlivé úkony a stanovit si počet náměrů.

V jednotlivých krocích je důležité si ujasnit, co budeme měřit a podrobovat analýze. Může se jednat o pozorování pracovníka a pracoviště. Seznámíme se s okolnostmi výrobního procesu, detailně si přečteme pracovní postupy, návody a technologické postupy. Operace rozdělíme na úkony, zjistíme působení jednotlivých faktorů na délku operace. Mezi faktory působící na délku operace řadíme zařízení, na němž jsou úkony prováděny, obsluhu zařízení, nářadí využívané při výrobě a jiné.

Veškeré zjištěné náležitosti včetně názvů úkonů s pořadím úkonů zaznamenejme do pozorovacího listu. Vhodným časoměrným zařízením měříme a zapisujeme postupový čas. Po ukončení měření vypočítáme dobu trvání úkonů.

Měření se opakuje, provádíme nejméně 5 náměrů. Vyplývá-li z náměru velká variabilita, je nutné provést měření více než jen 5 krát. Extrémní hodnoty náměrů vyloučíme a vypočteme průměrné hodnoty. Extrémní hodnoty vyplývají z nepravidelnosti a nepředvídatelnosti děje. Stane se tak za předpokladu, že např. zaměstnanec musí vyměnit obráběcí nástroj, na kterém došlo ke značnému mechanickému poškození a který vykazuje známky opotřebení, což má vliv na jakost a geometrickou přesnost opracovávaného kusu.

K snímkování pracovní dne se využívá tzv. pozorovacích listů, na které se zapisují začátky a konce všech činností, které pracovník po celý den chronologicky prováděl. Pozorovací listy, které v průběhu dne snímkuji veškeré činnosti, si mohou vést zaměstnanci sami. Smyslem je odhalit příčiny vzniku časových ztrát a vypracovat patřičné opatření. Do budoucna predikujeme pomocí výpočtu přínosy vyplývající z přijetí a aplikování patřičných opatření v souvislosti s dosavadními druhy ztrát. Výsledky snímku pracovního dne poslouží pro tvorbu časových standardů a zdokonalení organizace procesů. Snímek pracovního dne tvoříme pro jednotlivce, čety nebo vypracováváme vlastní snímek pracovního dne. (Macurová, 2010)

Tab. 2.3 – **Struktura bilance spotřeby času**

OZNAČENÍ ČASU	SKUTEČNÁ BILANCE		NORMOVANÁ BILANCE	
	V min	V %	V min	V %
Čas práce TA1				
Čas práce TB1				
Čas práce TC1				
Čas obecně nutných přestávek				
Ztráty času TD				
Ztráty času TE				
Ztráty času TZ				
Čas směny				

Zdroj: Přepřacováno dle Macurová (2010, s.36)

Ukazatelé pro rozbor snímku pracovního dne jsou:

$$\text{Stupeň zaměstnanosti pracovníka } K1 = \frac{T_1 + T_2}{T} \times 100 \quad (2.12)$$

$$\text{Podíl zbytečné spotř. času způsobené pracovníkem } K2 = \frac{T'_2 - T_2 + T_D}{T} \times 100 \quad (2.13)$$

$$\text{Podíl zbytečné spotř. času způs. tech. org. nedostatky } K3 = \frac{T_E}{T} \times 100 \quad (2.14)$$

$$\text{Procento zvýšení } PP^{13} \text{ po odstranění zbyt. spotř. času způsobené pracovníkem } K4 = \frac{T'_2 - T_2 + T_D}{T - (T'_2 - T_2 + T_D + T_E)} \times 100 \quad (2.15)$$

$$\text{Procento zvýšení } PP^{14} \text{ po odstranění zbyt. spotř. času způsobené tech. org. ned. } K5 = \frac{T_E}{T - (T'_2 - T_2 + T_D + T_E)} \times 100 \quad (2.16)$$

$$\text{Celkové procento možného zvýšení produktivity práce } K6 = K_4 + K_5 \quad (2.17)$$

Tab. 2.4 – Legenda ukazatelů k snímku pracovního dne

SYMBOL	VÝZNAM SYMBOLU
T'_1	Čas normované práce – naměřený
T_2	Normativ času obecně nutných přestávek v průběhu pracovní doby
T'_2	Naměřený čas obecně nutných přestávek v průběhu pracovní doby
T_E	Časové ztráty zapříčiněné technicko-organizačními nedostatky
T_D	Osobní ztráty času

Zdroj: Přepřacováno dle Macurová (2010, s. 36)

¹³ PP – produktivita práce.

¹⁴ PP – produktivita práce.

Výchozím parametrem metod předem stanovených časů je rozbor pracovního postupu, na jehož základě se rozliší pracovní pohyby, uvádí ve své publikaci Macurová (2010). Pracovní pohyby jsou detailně popsány a časově ohodnoceny. Využíváme časových jednotek TMU¹⁵, kdy $1 \text{ TMU} = 0,000 \text{ 01 h} = 0,036 \text{ s}$.

MTM¹⁶ a MOST¹⁷ patří mezi nejznámější metody předem stanovených časů. MTM metoda je modifikovaná na MTM1 a MTM2, kde jsou základní pohyby sjednoceny do opakovaných následností. Základní metoda MTM definuje 26 pohybů těla, očí, rukou, dolních končetin a ramen. Časová náročnost pohybů je specifikována především dle toho, v jaké vzdálenosti je pohyb vykonáván, jak je obtížná manipulace s předmětem (potřebná rotace, natáčení do různých úhlů poloh aj.).

Metodu MOST lze využít pro ruční a strojně ruční operace, konstrukci výrobků a přípravků, při racionalizaci dosavadních metod, při projektování logistických toků, kdy nám tato metoda poskytuje poměrně přesné a objektivní hodnoty. (Tomek, Vávrová 2014)

2.10 Simulace

Law (2007) ve své publikaci uvádí, že oblasti využití pro simulaci jsou různorodé a četné. Tomek, Vávrová (2000) definují ve své publikaci simulaci jako metodu hypotetického vývoje zkoumaného jevu v předem stanovených podmínkách. Jde o moderní metodu analýzy složitých podnikových procesů, které v sobě zahrnují jak prvky dynamického, tak i náhodného chování. Simulaci používáme v situaci, kdy je skutečné vyzkoušení systému náročné nebo s sebou přináší velké ztráty. Včasná analýza budoucích procesů vykazuje úspory finanční, personální a materiálové. Díky simulaci posuzujeme výhodnost či nevýhodnost vypracované strategie. Ve skutečnosti reálný děj převedeme do počítačově řízeného prostředí. Simulaci využíváme při:

- zjišťování změny vytížení kapacit,
- analýze změněných objednávek,
- řešení řízení skladů, meziskladů,
- hodnocení velikosti dávek zadávaných do výroby,
- vytížení kapacit jednotlivých prvků. (Dlouhý, Fábry, Kuncová, Hladík, 2007)

¹⁵ TMU = Time Measurement Units.

¹⁶ MTM = Methods Time Measurement.

¹⁷ MOST = Maynard Operational Sequence Technique.

Simulace umožňuje náhled do systému při aplikaci změny vnitřních i vnějších podmínek. Návrh jednotlivých alternativ studovaného procesu nám umožňuje široký náhled budoucích možností, které v současnosti umožňují pouhý přehled bez zásahu do provozu podniku. Ověříme vhodnost změn v systému a možné dopady, které systémem dokážeme nasimulovat.

Simulace napodobuje průběh poměrně složitého reálného podnikového systému a pomocí následných experimentů s modelem pozorujeme změnové chování při diferenciaci jednotlivých faktorů. Modelová situace nemusí sloužit jen pro analýzu procesu, ale také pro zdokonalení procesu v blízké budoucnosti, samotné řízení procesu či zaškolení pracovníků po aplikaci nové organizace práce do výrobního procesu.

2.10.1 Oblasti aplikace simulace

- Optimalizace výrobních systémů s cílem zkracování výrobních procesů, minimalizování nákladů při zvýšení produktivity, zlepšení využití jednotlivých zdrojů, rozvrhování dispozičního rozmístění jednotlivých výrobních zařízení.
- Využití při analyzování logistických procesů podniku i v prostředí dodavatelských řetězců s cílem minimalizace zásob v portfoliovém vlastnictví.
- Zlepšení systému a následné optimalizace skladovacích, zásobovacích procesů.
- Rozvrhování výrobních procesů, optimalizace obslužných systémů.
- Dopravní systémy (letecké, silniční, železniční).
- Simulace odstávek zařízení při plánovaných opravách a údržbě.

Mezi náklady na simulaci patří:

- personální náklady na specialistu, který bude pověřen tvorbou simulačního modelu,
- čas manažerů, kteří budou úzce spolupracovat se specialistou v průběhu celého projektu,
- náklady spojené s pořízením licence a programového vybavení,
- náklady na sběr dat potřebných pro simulaci. Je možné, že data jsou již k dispozici z dřívějších náměrů.

2.10.2 Fáze simulačního projektu

První fáze zahrnuje správnou definici problému a stanovení cílů, kterých má být pomocí simulace dosaženo.

Druhá fáze v sobě zahrnuje tvorbu představy o vlastním modelu¹⁸. Ujasnění si otázek o tom, co modelujeme, jaké kritéria budeme v modelu hodnotit, jak podrobný model bude, jaké objekty jsou součástí modelu včetně činností a zdrojů, jaká je definice vstupů a pravidla týkající se obsluhy požadavků, jak nakládáme se zdroji v jednotlivých procesech.

Třetí fáze představuje sběr dat, která jsou pro simulaci nezbytným prvkem. Podrobnost a přesnost vstupních dat poskytuje kvalitní výstup ze simulovaného procesu. Datové sběry jsou časově náročnou aktivitou.

Tvorba modelu v simulačním programu spadá do fáze čtvrté. Charakteristiky vyskytující se v jednotlivých prvcích modelu jsou vhodně transformovány do simulačního jazyka příslušného počítačového programu.

V páté fázi verifikujeme současný počítačový model s původní představou, která byla ideou ve fázi druhé. Spolu s verifikací provádíme validizaci, jejímž výsledkem by mělo být, že model, který jsme koncipovali, odpovídá realitě.

Šestá fáze je částí projektu, která je nejzajímavější, neboť začínají být determinovány výsledky simulace. V šesté fázi s modelem experimentujeme a současně ho podrobujeme statistické analýze. Chod více variant modelu je vhodné zainteresovaným stranám předvést.

Dokumentace „života“ modelu je součástí fáze sedmé. Výhodou popisu celého vývoje modelu od vzniku, sběru dat, utváření alternativ, popisu jednotlivých charakteristik prvků až po výsledky experimentů je, že se můžeme kdykoliv v budoucnu k modelu vrátit a pracovat s ním, rozvíjet ho, navázat na něj, nebo z něj vycházet při tvorbě rámcově podobného modelu.

Osmá fáze je poslední etapou projektu, kdy by měl být řešitelský tým zainteresován do implementace projektu do praxe. (Dlouhý, Fáby, Kuncová, Hladík., 2007)

2.10.3 Witness

V současnosti je tržní systém nasycen širokým portfoliem z oblasti softwarových produktů pro dynamickou simulaci. Jak tvrdí Macurová a kol. (2011, s. 108): „*Mezi přední světový software používaný pro simulaci a optimalizaci výrobních, obslužných a logistických systémů patří program WITNESS britské společnosti Lanner Group Ltd. Dalšími typy*

¹⁸ Modely mohou být deterministické a stochastické. Deterministické modely interpretují přesné výsledky. Stochastické modely interpretují pravděpodobnostní výsledky.

simulačních nástrojů jsou kupříkladu ARENA, SIMUL 8, ALPHA/Sim, Auto-mod, SIGMA apod.“

Macurová a kol. (2011, s. 110) říká, že Witness je softwarový produkt, který poskytuje uživatelům službu se zaměřením na simulaci a optimalizaci systémů z oblasti produkce a logistiky. Programový balík umožňuje uživatelům podrobnou dokumentaci modelu a ověření jeho funkčnosti. Woods (1997) ve své knize uvádí, že každý dynamický systém reaguje na vstupní signály, rušivé vlivy nebo počáteční podmínky.

Program Witness umožňuje modelování reálného prostředí a simulování jednotlivých rozhodnutí a návrhů s minimálním rizikem dopadu na reálný proces. Výsledkem jsou závěry, které vyplývají ze simulovaných situací, a implementovat lze takovou verzi, která je pro podnik nejvíce přijatelná. Modely dynamicky vizuálně představují tok materiálů systémem, využití zdrojů, průběh a stav jednotlivých prvků (statistický přehled) aj. V důsledku zaznamenávání veškerých událostí v systému může uživatel sledovat dynamiku procesu a vyhodnocovat výkonnost systému dle předem stanovených kritérií. Program Witness využíváme všude tam, kde chceme změřit dopady navrhovaných změn a následně kvantifikovat vzniklé alternativy.

V programu Witness můžeme provádět analýzu „what – if“, která umožňuje v libovolném čase zastavit simulaci a změnit libovolný parametr nebo parametry systému. Změny se mohou týkat: počtu pracovníků, kapacit zásobníků, změny toku materiálů, změny obsluhy strojů a zařízení, změny pracovníků v pověřených funkcích oprav, seřízení aj. Po opětovném spuštění můžeme sledovat dopady těchto změn a porovnat, zda šlo o změny pozitivní či negativní.

Zaměření i rozsah simulačních projektů jsou poměrně velice flexibilní. Aktivně jej mohou využívat i odborníci z organizací, kteří jsou za výkonnost přímo odpovědní.

Program Witness se na trhu vyskytuje ve dvou formách. První „Manufacturing Performance Edition“, která je určena pro oblast výroby a logistiky, a druhá forma „Service and Process Performance Edition, která je určena pro prostředí služeb. (*DYNAMIC FUTURE s.r.o. Witness [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.dynamicfuture.cz/witness/>*)

3 Charakteristika podniku Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Frenštát

Firmu řadíme mezi přední dodavatele nízkonapěťových asynchronních elektromotorů ve světě. K největším odběratelům elektromotorů patří výrobci kompresorů, klimatizačních zařízení a čerpadel.

15.12.1946 byl založen MEZ (Moravské elektrotechnické závody) Frenštát, jako Závod 05 národního podniku MEZ. 15.2.1947 MEZ expedoval první motor. V letech 1950 – 1954 vznikl samostatný podnik s označením MEZ Frenštát, národní podnik. Výrobní program byl rozšířen o výrobu generátorů, jeřábové elektromotory, nevýbušné elektromotory a elektromotory do praček.

Roku 1958 MEZ Frenštát začlenili do sdružení podniků ZSE Praha (Závody silnoprůdové elektrotechniky Praha). V rozmezí let 1963 – 1964 byla zastavena výroba elektromotorů určených do praček a generátorů. V letech 1973 – 1979 zahájily výrobu indukční spojky, elektromechanické regulátory určené pro generátory, speciální elektromotory. Roku 1986 zahájil MEZ Frenštát výrobu elektroniky pro nákladní automobily Tatra a pro osobní vozidla Škoda. 1.7.1990 byla ukončena výroba indukčních spojek a vznikl samostatný státní podnik MEZ Frenštát.

Dne 13.8.1993 byla udělena certifikace systému managementu jakosti dle normy EN ISO 9001:1994 firmou LRQA.

1.6.1994 vláda České republiky schválila privatizaci MEZ Mohelnice a MEZ Frenštát formou přímého prodeje majetku firmě Siemens. 1.10.1994 se stal MEZ Frenštát součástí Siemens Elektromotory s.r.o. Praha.

V letech 1996 – 1997 došlo k přemístění výroby elektromotorů mezi závody Frenštát, Drásov, Mohelnice a Norimberk. Ke dni 1.4.1998 byla ukončena výroba elektroniky. 1998 – 2002 docházelo k intenzivnímu vývoji a zavedení nové řady motorů 1LG4/6.

13.8.2002 byla udělena certifikace systému managementu jakosti dle normy EN ISO 9001:2000 závodům Frenštát, Mohelnice firmou DQS GmbH. 11.8.2006 proběhlo udělení certifikátu systému environmentálního managementu dle normy EN ISO 14001:2005 společnosti Siemens Elektromotory s.r.o. a to závodům ve Frenštátě pod Radhoštěm a

v Mohelnici, firmou DQS GmbH. (*Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Frenštát. Historie odštěpného závodu Elektromotory Frenštát [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/industry/OZ_Frenstat/Pages/OZ_Frenstat.aspx*)

3.1.1 Ekonomické výsledky SEM Frenštát

V roce 2013 firma SEM Frenštát kromě motorů dodávala do závodů v Mohelnici, Norimberku a Ruhstorfu i komponenty. Do Mohelnice firma dodala rotorové plechy, statorové svazky a hřídele zhruba na 3800 kusů motorů. Pro závod v Norimberku firma SEM Frenštát navinula 3446 statorových paketů určených do motorů LA8. Do závodu v Ruhstorfu firma dodala 546 sad komponentů¹⁹ pro nevýbušné motory typu 1MD5.

Export elektromotorů z firmy SEM Frenštát byl v roce 2013 nejčastěji do Evropy a to v 88 % případů, 10 % vývozů směřovalo do Asie a 2 % do Ameriky

Počet zaměstnanců k 30.9.2013 činil 1023. Oproti roku 2012 došlo ke snížení počtu zaměstnanců o 17. Důvod snížení počtu zaměstnanců ve firmě může být prisuzován poklesu zákaznických objednávek. V témže roce na základě dohody s odborovou organizací byla 4 denní překážka v práci ze strany zaměstnavatele s náhradou mzdy zaměstnancům ve výši 60 %.

V roce 2013 byly zaměstnancům poskytnuty sociální příspěvky, v celkové výši 13,4 mil. Kč z toho 5,1 mil. Kč tvořil příspěvek na stravování, 3,2 mil. Kč bylo zaměstnancům proplaceno v programu Benefit Plus a částka 4,8 mil. Kč připadla na příspěvky na penzijní připojištění.

Snahou každé firmy je systematické snižování nákladů. V tomto ohledu ani SEM Frenštát není pozadu, v roce 2012 došlo k realizaci úspor v celkové hodnotě 120 mil. Kč.

V průběhu celého roku 2013 byla spokojenost zákazníků na 98 % úrovni. Hodnotícím parametrem spokojenosti byla termínová spolehlivost dodávek a úplnost. Výše zásob v průběhu roku 2013 byla propočtena na hodnotu 157 mil. Kč, z čehož plyne, že podnik váže zásoby na pokrytí méně než třech pracovních týdnů.

Investice do strojů a zařízení v roce 2013 činila 160 mil. Kč a do staveb 44 mil. Kč. Nejvíce se investovalo do útvarů obrobny, navijárny a lisovny. Investice v navijárně byly do

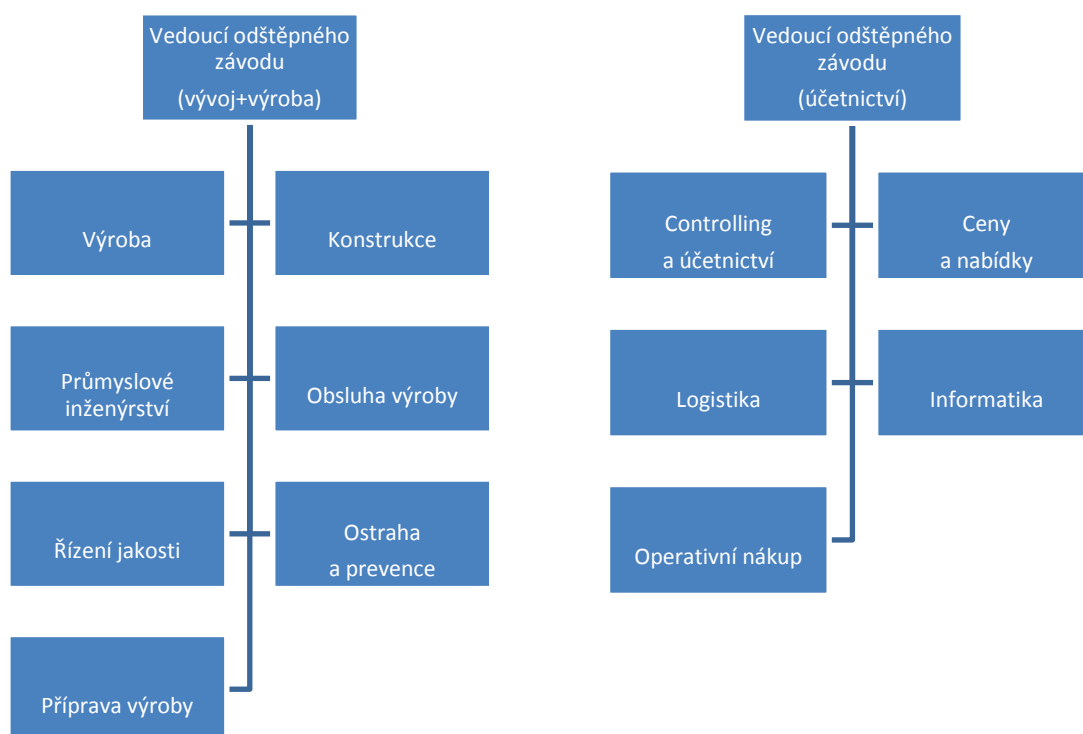
¹⁹ Sadu komponent tvoří navinuté statorové svazky a rotor.

manipulačních systémů a impregnačních zařízení, v lisovně došlo ke zprovoznění nového pracoviště na lití motorů a obrobna byla rozšířena o soustružnické centrum a horizontální frézy. Stavební práce úzce souvisely s přípravou základů pro stroje na lisovně a obrobně. V rámci kontinuálního vylepšování procesů (dále jen KVP) firma v roce 2013 realizovala 3958 návrhů na vylepšení procesu s přínosem 27,2 mil. Kč. Do KVP se zapojilo 96 % zaměstnanců, na každého pracovníka připadly 4 podané zlepšovací návrhy. Za pracovní iniciativu byly vyplaceny aktivním zaměstnancům odměny ve výši 3,9 mil. Kč. (STATOR, 2013)

3.1.2 Organizační struktura

Je členěna na organizační jednotky, jež jsou představovány výrobní divizí a nevýrobní divizí a odbornými útvary. Ve frenštátském závodě se vedoucí pozice ujímají dva řídící pracovníci. Jeden působí v oblasti vývoje a výroby a druhý v oblasti účetnictví a controllingu.

Obr. 3.1 Organizační struktura SEM Frenštát



Zdroj: Vlastní zpracování

3.1.3 Představení produktu SEM Frenštát

Výrobkem, který v současné době uvádí firma SEM Frenštát na trh, jsou nízkonapěťové asynchronní elektromotory osových výšek v rozmezí [225-315 mm], jejichž výkon se pohybuje v intervalu od 18,5 do 315 kW.

Elektromotor se skládá ze dvou základních částí – statoru a rotoru. Rotor je vnitřní, rotační část elektromotoru, která je na obrázku

Obr. 3.2 Řez elektromotoru



Zdroj: Vojkovský (2013, s. 12)

Elektromotor je složen ze svorkové desky č. 1, vinutí č. 2, ventilátoru č. 3, ložisek č. 4, rotoru č. 5, přírubového štítu č. 6, kostry č. 7 a výkonnostního štítku č. 8.

Vojkovský (2013) ve své diplomové práci uvádí, že stator je složen ze statorových plechů, jež jsou vyráběny z magnetické oceli. Vinutí z měděných vodičů se vkládá do drážek vnitřní strany statoru. Vkládání měděných vodičů do drážek může být strojové či ruční. Navinuté statory se lisují do litinové kostry motoru.

Rotor je složen z rotorových plechů, které jsou vyráběny stejně jako u statorů z magnetické oceli. Do rotorových plechů je silným tlakem vstřikována tavenina hliníku, výsledný rotorový svazek představuje klec rotoru.

Kostra elektromotoru představuje jeho pasivní část. Slouží pro následnou manipulaci s motorem a k lepším možnostem následného upevňování motoru na rovnou plochu.

Svorkovnicí se vyvedou vodiče motoru. Ventilace motoru je tvořena krytem ventilátoru a ventilátorem. Průměr ventilátoru se určuje dle výkonu elektromotoru a potřebného přísunu ochlazování.

4 Dynamická simulace posuzovaného procesu

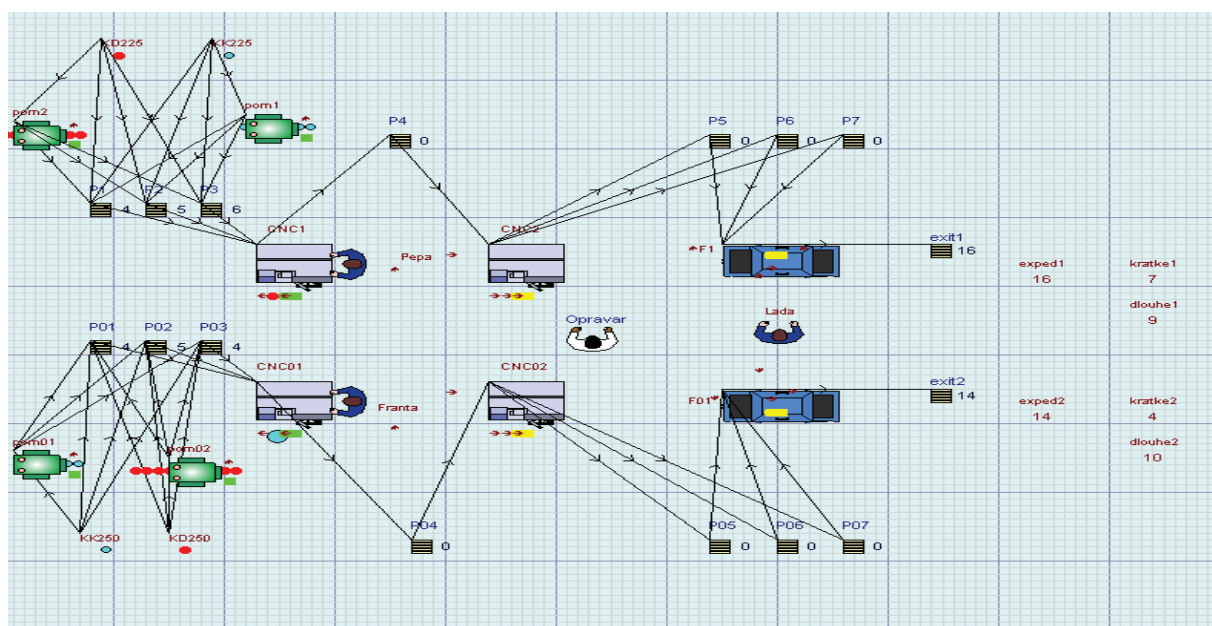
V závodě SEM Frenštát je realizována kompletní přestavba úseku pracoviště obrobna. Pracoviště je situováno do nových prostor firmy. Stávající pracoviště je rozšířeno o 3 nové stroje (1 soustruh, 2 frézovací centra).

V novém úseku obrobny je celkem 6 strojů – 4 soustruhy a 2 frézovací centra. Na úseku obrobny jsou zaměstnáni tři lidé na jednu pracovní směnu. Každý zaměstnanec na směně obsluhuje dva stroje. Pro potřeby simulace byla zaměstnancům přiřazena fiktivní jména.

Dynamická simulace jednotlivých variant výrobního procesu bude realizována v programu Witness. Obr 4.1 zobrazuje jednu z variant dynamické simulace, jedná se o simulaci 450 minut s využitím dat ze SEM.

Jednotlivé alternativy budou využívat stejného modelu simulace, pozměněna budou pouze vstupní data modelu. Simulace jednotlivých variant budou vždy v časovém horizontu jedné směny, týdne a měsíce. Porovnávány budou hodnoty dynamických simulací z jednoho měsíce, jelikož v průběhu jednoho simulovaného měsíce se ve výrobním procesu promítne reakce působení seřizovacích časů a poruch, které s výrobou bezesporu souvisí.

Obr. 4.1 Ukázka modelu



Zdroj: Vlastní zpracování

4.1 Parametry pro simulaci.

Pro potřeby diplomové práce a simulace byly původní názvy strojů zjednodušeny. Pro přehled jsou názvy shrnuty v Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Názvy strojů

Linka pro osovou výšku 225			Linka pro osovou výšku 250		
Oficiální název stroje	Název pro simulaci	Druh stroje	Oficiální název stroje	Název pro simulaci	Druh stroje
SKQ8CNC	CNC1	Soustruh	SKQ12CNC	CNC01	Soustruh
Basic Turn 1250	CNC2	Soustruh	SKQ12CNC	CNC02	Soustruh
H630	F1	Frézovací centrum	H630	F01	Frézovací centrum

Zdroj: Vlastní zpracování

Průměrnou délku operačních časů jednotlivých strojů na lince osových výšek 225 a 250, které byly v provozu naměřeny zobrazuje Tab. 4.2. Podrobné náměry časů včetně propočetů jsou součástí Přílohy 2, 3, 4, 6, 7, 8.

Tab. 4.2 Operační časy jednotlivých strojů na linkách osově výšky 225 a 250

Linka pro OV 225		Linka pro OV 250	
Typ stroje	Operační čas stroje / min	Typ stroje	Operační čas stroje / min
CNC1	10,32	CNC01	10,17
CNC2	14,51	CNC02	19,36
F1	10,47	F01	10,47

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 4.3 obsahuje součet časů lidské práce, která je nedílnou součástí při výrobě elektromotorů. Podrobné časy, které jsou dále rozděleny na čas vložení a upnutí obrobku do stroje a čas přeměření a vyložení kusu ze stroje, jsou podrobně uvedeny v Přílohách 2, 3, 4, 6, 7, 8.

Tab. 4.3 Časy lidské práce na linkách pro osově výšky 225 a 250

<i>Linka pro OV 225</i>		<i>Linka pro OV 250</i>	
<i>Typ stroje</i>	<i>Čas lidské práce / min</i>	<i>Typ stroje</i>	<i>Čas lidské práce / min</i>
<i>CNC1</i>	4,26	<i>CNC01</i>	4,08
<i>CNC2</i>	5,05	<i>CNC02</i>	5,25
<i>F1</i>	4,14	<i>F01</i>	5,57

Zdroj: Vlastní zpracování

V závodě jsou využívány tři druhy seřizovacích časů, jež náleží každému stroji bez rozdílu. Seřizovací časy jsou délkové, velké a seřízení v podobě přehrání programu. Diferenciace jednotlivých druhů seřízení je pouze v počtu provedených operací mezi jednotlivými seřizeními, které jsou dány typem linky. Tabulky 4.4 a 4.5 přehledně zobrazují informace ohledně seřízení na obou linkách. Seřizovací časy linky osově výšky 225 jsou definovány v Tab. 4.4, pro linku osově výšky 250 v Tab. 4.5.

Tab. 4.4 Seřizovací časy linky pro osovou výšku 225

<i>Linka pro osovou výšku 225</i>		
<i>Typ seřízení</i>	<i>Počet operací mezi seřizením</i>	<i>Čas seřízení v min</i>
<i>Délkové</i>	24	26
<i>Přehrání programu</i>	528	4,85
<i>Velké</i>	240	118

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 4.5 Seřizovací časy linky pro osovou výšku 250

<i>Linka pro osovou výšku 250</i>		
<i>Typ seřízení</i>	<i>Počet operací mezi seřizením</i>	<i>Čas seřízení v min</i>
<i>Délkové</i>	21	26
<i>Přehrání programu</i>	462	4,85
<i>Velké</i>	210	118

Zdroj: Vlastní zpracování

Obráběcí linka osově výšky 225 se skládá ze tří strojů. Prvním strojem je soustruh SKQ8CNC, pořízen roku 1996. Druhý stroj je svislý obráběcí CNC soustruh Basic Turn 1250, pořízen v září 2013. Třetím strojem je CNC frézovací centrum H630, pořízeno rovněž v září 2013. V Tab. 4.6 jsou shrnuty poruchy linky osově výšky 225. U nových strojů, jež byly pořízeny v roce 2013, se poruchy, které by vyžadovaly opravy, dosud nevyskytly. U prvního stroje byly pro simulaci vybrány pouze tři poruchy, které se vyskytovaly nejčastěji. Ostatní poruchy prvního stroje byly zanedbatelné, proto nebylo důležité je do simulace zahrnout.

Tab. 4.6 Poruchovost linky osové výšky 225

Poruchovost linky osové výšky 225						
<i>Stroj</i>	<i>Porucha číslo</i>	<i>Počet operací mezi poruchami</i>	<i>Čas mezi poruchami (min)</i>	<i>Čas opravy (min)</i>	<i>Druh poruchy</i>	<i>Opravuje</i>
CNC1	1	320	2120	180	přečerpávání chladicí kapaliny	opravář a strojní obsluha
	2	960	6360	150	porucha pohonu rotačního nástroje	opravář a strojní obsluha
	3	240	1590	90	výpadek pohonu os	opravář
CNC2	1	x	x	x	x	x
	2	x	x	x	x	x
	3	x	x	x	x	x
F1	1	x	x	x	x	x
	2	x	x	x	x	x
	3	x	x	x	x	x

Zdroj: Vlastní zpracování

Linka obráběcí osové výšky 250 se skládá rovněž ze tří strojů. Prvním je soustruh SKQ12CNC, pořízen roku 1999. Druhý stroj je rovněž soustruh SKQ12CNC, pořízený ve stejném roce, na kterém se provádějí dokončovací operace všech tolerovaných rozměrů obrobku. Třetím strojem je frézovací centrum H630, pořízené v září 2013. Pro potřeby simulace byly nadefinovány poruchy (ke každému soustruhu tři poruchy, jež se v průběhu provozu vyskytovaly nejčteněji, ostatní poruchy byly v zanedbatelném měřítku) podle statistiky předcházejícího roku. Nejčtenější poruchy jednotlivých strojů určených pro simulaci jsou součástí Tab. 4.7.

Tab. 4.7 Poruchovost linky osově výšky 250

Poruchovost linky osově výšky 250						
<i>Stroj</i>	<i>Porucha číslo</i>	<i>Počet operací mezi poruchami</i>	<i>Čas mezi poruchami (min)</i>	<i>Čas opravy (min)</i>	<i>Druh poruchy</i>	<i>Opravuje</i>
CNC01	1	280	2560,04	150	porucha ochranných dveří	strojní obsluha
	2	420	3840,06	150	přetěšňování ochranných krytů	opravář a strojní obsluha
	3	350	3200,05	150	porucha chlazení nástroje	opravář a strojní obsluha
CNC02	1	600	9600	120	únik chladicí kapaliny	opravář a strojní obsluha
	2	795	12720	120	oprava filtračního zařízení	opravář a strojní obsluha
	3	1262	20192	60	výpadek stroje	opravář
F01	1	x	x	x	x	x
	2	x	x	x	x	x
	3	x	x	x	x	x

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2 Simulace s využitím dat ze SEM Frenštát

Následující dynamické simulace využívají data, jež byla poskytnuta firmou Siemens Frenštát. Data vycházejí z norem firmy a jsou aktuálním měřítkem při výrobě. Simulace se týkají jedné pracovní směny, týdne a měsíce a budou realizovány v programu Witness.

4.2.1 Simulace 450 minut

Dle aktuálních časů z technických podkladů SEM Frenštát byla realizována simulace v délce jedné směny, tj. 450 minut. K opracování na vstupu jsou určeny obrobky osových výšek 225 a 250. Pracovníci obsluhují vždy dva stroje. CNC1 a CNC2 obsluhuje pracovník Pepa, F1 a F01 obsluhuje pracovník Láďa a CNC01 a CNC02 obsluhuje Franta. Opravář přistupuje k opravě poruch jednotlivých strojů dle Tab. 4.6 a 4.7.

Dynamická simulace jedné (450 minutové) směny predikovala data, která jsou součástí Tab. 4.8. Celkový počet vyrobených kusů na lince 225 je 16 za 7,5 hodiny, z toho 7 krátkých obrobků a 9 dlouhých obrobků.

Tab. 4.8 Statistika strojů linky osově výšky 225

<i>Linka osově výšky 225 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>					<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	
<i>CNC1</i>	50,42	43,62	0,34	5,62	16
<i>CNC2</i>	68,12	29,74	0	2,13	16
<i>F1</i>	50,52	46,63	0	2,84	16

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 4.9 zobrazuje data simulace směny trvající 450 minut. Celková produkce za směnu je pouhých 14 kusů, z toho 4 krátké a 10 dlouhých obrobků. Procentuální blokace prvního stroje poukazuje na nevyužití parametrů, které stroj má.

Tab. 4.9 Statistika strojů linky osově výšky 250

<i>Linka osově výšky 250 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>					<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	
<i>CNC01</i>	43,09	37,42	14,82	4,68	14
<i>CNC02</i>	75,32	24,35	0	0,33	14
<i>F01</i>	49,9	49,96	0	0,14	14

Zdroj: Vlastní zpracování

Statistika lidské práce za směnu, jež je součástí Tab. 4.10, informuje o značném procentuálním nevyužití pracovníků. Využití opraváře bude patrné v delší časové simulaci. V krátkodobém horizontu se opravář nezapojuje, jelikož má definované opravy až po určitém počtu provedených operací, které na jednotlivých strojích proběhnou.

Tab. 4.10 Statistika lidské práce v 7,5 hodinové směně

<i>STATISTIKA LIDSKÉ PRÁCE v (%)</i>		
<i>Jméno pracovníka</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>
<i>Franta</i>	26,54	73,46
<i>Pepa</i>	30,26	69,74
<i>Lád'a</i>	30,63	69,37
<i>Opravář</i>	0	100

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2.2 Simulace 6750 minut

Týdenní simulace již odráží některé poruchy, které byly do simulačních parametrů jednotlivých strojů předdefinovány.

Data ze simulace týdenního výrobního procesu linky osově výšky 225 jsou součástí Tab. 4.11. Stroj CNC2 představuje ve výrobním procesu úzké místo. Využití tohoto místa je na 63,58 %. Před úzkým místem je však neustále procentuální hodnota určující čekání na

předchozí operaci. Toto čekání je způsobeno nevhodně nastavenými normami, které jsou již u vstupu do výrobního procesu, tj. na stroji CNC1 a odráží se to na plynulosti pohybu obrobku v celé lince.

Tab. 4.11 Statistika strojů linky osově výšky 225

<i>Linka osově výšky 225 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC1</i>	47,09	26,78	0,62	8,74	11,97	224
<i>CNC2</i>	63,58	26,36	0	5,61	0	224
<i>F1</i>	47,16	38,3	0	7,58	0	224

Zdroj: Vlastní zpracování

Hodnoty simulace linky osově výšky 250 jsou součástí Tab. 4.12. Úzkým místem je druhé stanoviště na lince osově výšky 250. Jedná se o CNC02, které je dle simulace využito na 73,24%. Blokace prvního pracoviště odráží svůj nedostatek do výroby na celé lince osově výšky 250.

Tab. 4.12 Statistika strojů linky osově výšky 250

<i>Linka osově výšky 250 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC01</i>	42,51	17,62	20,62	7,17	6,67	207
<i>CNC02</i>	73,24	11,03	0,04	7,03	1,78	204
<i>F01</i>	48,31	42,83	0	2,51	0	203

Zdroj: Vlastní zpracování

Týdenní využití lidských zdrojů je v rozmezí od 36,13 % do 42,73 %. Podrobné využití či nevyužití jednotlivých pracovníků na pracovišti obrobny je v Tab. 4.13.

Tab. 4.13 Statistika lidské práce za týden

<i>STATISTIKA LIDSKÉ PRÁCE v (%)</i>		
<i>Jméno pracovníka</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>
<i>Franta</i>	41,38	58,62
<i>Pepa</i>	42,73	57,27
<i>Lád'a</i>	36,13	63,87
<i>Opravář</i>	37,21	62,79

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2.3 Simulace 27000 minut

Simulace jednoho výrobního měsíce se skládá z dvaceti pracovních dnů ve třísměnném provozu. Z dynamické simulace vyplývá, že na lince OV 225 se vyexpeduje celkem 934 kusů obrobků, z toho 406 krátkých a 528 dlouhých. Na lince OV 250 se po ukončení simulovaného měsíce vyexpeduje 805 obrobků celkem, z toho 232 krátkých a 573 dlouhých.

Měsíční simulace dokáže (oproti simulaci krátkodobé) lépe zahrnout poruchovost a seřazení jednotlivých strojů. Na lince osově výšky 225 se jedná o poruchovost pouze jednoho stroje CNC1. Současně lze ze simulace vyvodit procentuální hodnoty cyklu čekání, které jsou na stroji CNC1 značné. To může být způsobeno nevhodným kapacitním plánováním v souvislosti se špatně nastavenými normami. Třetí pracoviště s druhým nejvyšším procentem cyklu čekání, tj. frézovací centrum F1, odráží předchozí pracoviště CNC2, které je úzkým místem. V Tab. 4.14 je přehled celkové statistiky strojů dynamické simulace za měsíc.

Tab. 4.14 Statistika strojů linky osově výšky 225

<i>Linka osově výšky 225 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC1</i>	49,21	21,41	2,42	10,89	8,22	937
<i>CNC2</i>	66,36	20,93	0,88	5,75	0	935
<i>F1</i>	49,17	35,55	0	8,06	0	934

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 4.15 představuje hodnoty dané simulací na lince osově výšky 250. Z hodnot je patrný výskyt poruch u prvního stroje CNC01 v 5,72 % a u druhého stroje 2 % z času celkové produkce. Frézovací centrum je strojem novým, tudíž nemá pro simulaci předdefinovány žádné poruchy, které by se v průběhu chodu stroje až doposud vyskytly. Celkový počet vyrobených kusů je 805 celkem, z toho 232 kusů krátkých a 573 dlouhých.

Tab. 4.15 Statistika strojů linky osově výšky 250

<i>Linka osově výšky 250 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC01</i>	41,45	14,43	20,63	9,88	5,72	808
<i>CNC02</i>	72,26	10,12	1,7	6,71	2	805
<i>F01</i>	47,82	40,61	0	4,34	0	805

Zdroj: Vlastní zpracování

Statistika procentuálního využití zaměstnanců je obsahem Tab. 4.16. Nejvíce využitým pracovníkem byl Pepa (44,69 %), nejméně Láďa (39,53 %). Obecně převažuje procentuální hodnota nevyužití nad využitím zaměstnanců.

Tab. 4.16 **Statistika lidské práce za měsíc**

STATISTIKA LIDSKÉ PRÁCE v (%)		
<i>Jméno pracovníka</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>
<i>Franta</i>	42,96	57,04
<i>Pepa</i>	44,69	55,31
<i>Láďa</i>	39,53	60,47
<i>Opravář</i>	43,30	56,70

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3 Simulace s naměřenými hodnotami

V průběhu provozu linek osových výšek 225 a 250 byl proveden sběr dat, jenž byl zaznamenán a je součástí tabulek v Přílohách 2, 3, 4, 6, 7, 8. Důvodem sběru dat bylo ověření časů, jež aktuálně firma využívá. Po jednotlivých náměrech byly shledány značné rozdíly. Výsledky dynamických simulací z naměřených dat budou porovnány s jednotlivými variantami. Pro simulaci byly vypočteny průměrné hodnoty jednotlivých náměrů. Pracovníci obsluhují stejné stroje jako u předchozí simulace, časy týkající se poruch a seřízení jsou ponechány. V programu Witness byla provedena simulace ve stejných časových délkách jako u varianty předchozí, tj. v délce jedné pracovní směny, týdne a měsíce.

4.3.1 Simulace 450 minut

Dynamická simulace jedné pracovní směny v délce 450 minut ukázala, že lze obrobít 20 kusů obrobků na lince osově výšky 225 a 17 kusů obrobků na lince osově výšky 250. Na lince OV 225 je z celkového počtu 20 kusů obrobků 13 krátkých a 7 dlouhých. Na lince OV 250 se jedná o 13 krátkých obrobků a 4 dlouhé obrobky.

Statistika z dynamické simulace výroby linky osově výšky 225 je obsahem Tab. 4.17. Reálné využití strojů výrazně stouplo. Blokace je zanedbatelná. Před úzkým místem je

zásoba o velikosti tří kusů. Frézovací centrum F1 je ve velké míře nevyužito. Výrobní kapacita frézovacího centra je daleko vyšší než stroje CNC2, který je stále úzkým místem.

Tab. 4.17 Statistika strojů linky osové výšky 225

<i>Linka osové výšky 225 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>					<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	
<i>CNC1</i>	75,63	10,29	0,34	9,01	24
<i>CNC2</i>	89,08	3,15	0	7,77	20
<i>F1</i>	63,16	33,8	0	3,05	20

Zdroj: Vlastní zpracování

Statistika linky osové výšky 250 v Tab. 4.18 vypovídá o celkové produkci 17 kusů. Úzké místo je dostatečně využito na 96,60 %. Frézovací centrum je kapacitně schopným strojem, ale využíváno je pouze na 60,60 %. Důvodem 39,01 % nevyužití frézovacího centra je předcházející CNC02, které je úzkým místem.

Tab. 4.18 Statistika strojů linky osové výšky 250

<i>Linka osové výšky 250 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>					<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	
<i>CNC01</i>	64,63	0	27,05	8,32	21
<i>CNC02</i>	96,60	3,08	0	0,33	17
<i>F01</i>	60,60	39,01	0	0,39	17

Zdroj: Vlastní zpracování

Pracovní vytiženost zaměstnanců je mezi 36,33 % - 46,68 %. Opravář je využitý pouze v 4,74 %, což představuje extrémní hodnotu, která se do intervalu hodnot nedá zahrnout. V krátkodobém hledisku se využití opraváře nezobrazí.

Tab. 4.19 Statistika lidské práce za směnu

STATISTIKA LIDSKÉ PRÁCE v (%)		
<i>Jméno pracovníka</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>
<i>Franta</i>	36,33	63,67
<i>Pepa</i>	46,68	53,32
<i>Láďa</i>	37,66	62,34
<i>Opravář</i>	4,74	95,26

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.2 Simulace 6750 minut

V týdenní simulaci se již vyskytnou některé poruchy, které v menší míře ovlivní i konečný výstup. Celkem linka OV 225 vyexpedovala 264 kusů obrobků, z toho 119 krátkých a 145 dlouhých. Linka OV 250 vyexpedovala 210 kusů při simulaci týdne, z toho se jedná o 68 krátkých a 142 dlouhých obrobků. Úzká místa na obou linkách jsou dostatečně zásobena obrobky.

Při týdenní simulaci se již vyskytovaly poruchy na stroji CNC1 v 10,29 %. Nejnižší procentuální hodnotu využití má opět frézovací centrum F1, které je způsobeno předchozím strojem CNC2, to je využito na 76,76 %. Celková týdenní produkce je 264 kusů. Celkový přehled statistiky je v Tab. 4.20.

Tab. 4.20 Statistika strojů linky osové výšky 225

Linka osové výšky 225 - STATISTIKA STROJŮ v (%)						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC1</i>	57,53	0,69	11,47	12,32	10,29	273
<i>CNC2</i>	76,76	2,07	0	11,53	0	270
<i>F1</i>	55,58	26,87	0	9,58	0	264

Zdroj: Vlastní zpracování

Linka osové výšky 250 vykazuje vyšší hodnotu využití úzkého místa CNC02, než je hodnota úzkého místa ve stejném časovém horizontu na lince 225. Poruchy se v týdenní simulaci vyskytly na obou strojích a to celkem v 8,45 %. Počet obrobených kusů na lince OV 250 je dle týdenní simulace 210. Souhrnná statistika linky OV 250 je v Tab. 4.21.

Tab. 4.21 Statistika strojů linky osové výšky 250

<i>Linka osové výšky 250 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC01</i>	45,35	0	26,56	11,55	6,67	221
<i>CNC02</i>	78,19	4,72	0,18	7,05	1,78	218
<i>F01</i>	50,04	35,81	0	6,81	0	210

Zdroj: Vlastní zpracování

V týdenní simulaci byli zaměstnanci v průměru využiti ve 48,85 %. Podrobnou statistiku lidské práce vyjádřenou v procentech zobrazuje Tab. 4.22.

Tab. 4.22 Statistika lidské práce za týden

<i>STATISTIKA LIDSKÉ PRÁCE v (%)</i>		
<i>Jméno pracovníka</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>
<i>Franta</i>	47,36	52,64
<i>Pepa</i>	53,82	46,18
<i>Láďa</i>	43,29	56,71
<i>Opravář</i>	50,92	49,08

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.3 Simulace 27000 minut

Z dynamické simulace jednoho měsíce vychází celkový počet vyexpedovaných kusů na lince osově výšky 225. Je to 1093, z toho 481 krátkých a 612 dlouhých kusů. Na lince osově výšky 250 bylo vyexpedováno 874 kusů, z toho 266 krátkých a 608 dlouhých kusů.

Data obsažená v Tab. 4.23 jsou původem z měsíční dynamické simulace linky osově výšky 225. Všechny stroje jsou v průběhu jednoho měsíce využity nad 57 %. Úzké místo je využito na 77,67 %. Frézovací centrum je nevyužito ve 23,89 %. Důvody tohoto procentuálního nevyužití stroje jsou především jeho parametry, které umožní ofrézování obrobku v krátké době, a předcházející pracoviště CNC2, které je úzkým místem.

Tab. 4.23 Statistika strojů linky osově výšky 225

<i>Linka osově výšky 225 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC1</i>	57,69	0,17	8,83	14,61	9,15	1098
<i>CNC2</i>	77,67	3,78	0	9,71	0	1094
<i>F1</i>	57,56	23,89	0	10,18	0	1093

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky statistiky z dynamické simulace linky OV 250 jsou obsaženy v Tab. 4.24, v délce jednoho měsíce. Využití strojů na lince osově výšky 250 je rozmanité, první pracoviště CNC01 je využito na 46,09 %, úzké místo CNC02 na 78,52 % a frézovací centrum F01 v 51,98 %. Nejvyšší hodnota týkající se nevyužití pracoviště je u frézovacího centra F01 33,74 %. Frézovací centra jsou na obou linkách osových výšek výkonná, proto se jejich reálné využití v takové míře odlišuje od využití potenciálního.

Tab. 4.24 Statistika strojů linky osové výšky 250

<i>Linka osové výšky 250 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC01</i>	45,09	0	26,28	12,28	6,67	879
<i>CNC02</i>	78,52	3,1	0,41	7,88	2	875
<i>F01</i>	51,98	33,74	0	6,94	0	874

Zdroj: Vlastní zpracování

V Tab. 4.25 jsou informace o využití zaměstnanců v průběhu jednoho měsíce. Nejvíce využitým pracovníkem je Pepa 52,57 %, nejméně využitý pracovník je Láďa 45,03 %, který obsluhuje frézovací centra.

Tab. 4.25 Statistika lidské práce za měsíc

<i>STATISTIKA LIDSKÉ PRÁCE v (%)</i>		
<i>Jméno pracovníka</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>
<i>Franta</i>	47,58	52,42
<i>Pepa</i>	52,57	47,43
<i>Láďa</i>	45,03	54,97
<i>Opravář</i>	50,49	49,51

Zdroj: Vlastní zpracování

4.4 Simulace po změně pracovních pozic pracovníků

Pro zachycení změny se autorka rozhodla ponechat počet zaměstnanců na jednotlivých směnách, nicméně jim změnit pracovní pozice. Dynamická simulace bude provedena ve stejném výchozím modelu, který je v Obr. 4.1, pouze se změnou pracovních pozic operátorů strojů.

Aktuální rozmístění obsluhy strojů bude takové, že Pepa bude obsluhovat CNC1 a CNC2, přechází tedy mezi stroji linek osových výšek 225 a 250. Franta bude obsluhovat CNC02 a F01, jedná se o stroje na lince osově výšky 250. Lád'a bude obsluhovat CNC2 a frézovací centrum F1, stroje na lince osově výšky 225.

Pro dynamickou simulaci budou ponechána data, která autorka naměřila. Pouze pracovníci na jednotlivých strojích se změnou své pracovní pozice změní i pravomoci týkající se oprav strojů. Budou se účastnit oprav pouze těch strojů, které budou obsluhovat.

Dynamická simulace bude aplikována rovněž ve třech časových variantách, jako simulace předchozí. Jedná se o simulaci jedné směny, týdne a měsíce. Hodnoty z dynamické simulace jednoho měsíce budou porovnány s hodnotami předcházejících simulací. Autorka na základě statistik z dynamické simulace posoudí, zda by provedení změny pracovních pozic bylo pro firmu přínosné.

4.4.1 Simulace 450 minut

V průběhu dynamické simulace jedné pracovní směny vyexpedovala linka osově výšky 225 celkem 21 kusů obrobků, z toho 13 krátkých a 8 dlouhých. Na lince osově výšky 250 bylo vyexpedováno 17 kusů obrobků, z toho 13 krátkých a 4 dlouhé.

Statistika simulace jedné směny, linky osově výšky 225, je znázorněna v Tab. 4.26. Po změně pozic pracovníků jsou pracoviště procentuálně více využita. Úzké místo – CNC2 je využito na 96,85 %. 21 je celkový počet kusů, které byly na lince OV 225 vyexpedovány.

Tab. 4.26 Statistika strojů linky osově výšky 225

<i>Linka osově výšky 225 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>					<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	
<i>CNC1</i>	77,16	12,18	0	4,89	24
<i>CNC2</i>	96,85	3,15	0	0	22
<i>F1</i>	68,80	15,90	0	15,30	21

Zdroj: Vlastní zpracování

Hodnoty simulace jedné směny linky OV 250 jsou v Tab. 4.27; úzké místo je využito dostatečně, tj. z 96,38 %. Kladným jevem je, že nevyužití úzkého místa není způsobeno cyklem čekání na předchozí operaci. Celkový počet, který byl vyexpedován za směnu na lince osově výšky 250, je 17 obrobků.

Tab. 4.27 Statistika strojů linky osově výšky 250

<i>Linka osově výšky 250 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>					<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	
<i>CNC01</i>	62,57	0	25,47	11,96	20
<i>CNC02</i>	96,38	3,62	0	0	17
<i>F01</i>	60,60	30,56	0	8,84	17

Zdroj: Vlastní zpracování

Podrobný přehled využití pracovníků je součástí Tab. 4.28. Žádný z pracovníků nebyl v pracovním procesu jedné směny využit v hodnotě více než 44 %.

Tab. 4.28 Statistika lidské práce za směnu

<i>STATISTIKA LIDSKÉ PRÁCE v (%)</i>		
<i>Jméno pracovníka</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>
<i>Franta</i>	39,99	60,01
<i>Pepa</i>	43,59	56,41
<i>Lád'a</i>	41,17	58,83
<i>Opravář</i>	5,78	94,22

Zdroj: Vlastní zpracování

4.4.2 Simulace 6750 minut

Na základě dynamické simulace jednoho pracovního týdne bylo celkem vyexpedováno 256 obrobků na lince osově výšky 225, z toho 117 krátkých a 139 dlouhých.

Na lince osové výšky 250 bylo vyexpedováno v týdenní simulaci 210 kusů obrobků, z toho 68 krátkých a 142 dlouhých.

V Tab. 4.29 jsou obsaženy hodnoty z dynamické simulace jednoho pracovního týdne na lince OV 225. První pracoviště vykazuje výskyt chyb v 10,22 %. Úzké místo je využito na 72,98 %. Frézovací centrum F1 je využito pouze na 53,89 %.

Tab. 4.29 Statistika strojů linky osové výšky 225

<i>Linka osové výšky 225 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC1</i>	54,84	0,81	15,11	12,99	10,22	261
<i>CNC2</i>	72,98	14,88	0	4,47	0	257
<i>F1</i>	53,89	23,66	0	12,29	0	256

Zdroj: Vlastní zpracování

Hodnoty obsažené v Tab. 4.30 jsou výsledkem dynamické simulace jednoho pracovního týdne na lince OV 250. První pracoviště je využito nejméně, tj. 44,11 %. Úzké místo je využito na 76 %. Frézovací centrum je využito pouze na 49,90 %. Na prvních dvou strojích je zaznamenán výskyt poruch, které mají vliv na plynulost výroby.

Tab. 4.30 Statistika strojů linky osové výšky 250

<i>Linka osové výšky 250 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC01</i>	44,11	0	27,41	9,47	6,67	215
<i>CNC02</i>	76	11,74	0	0,91	1,78	211
<i>F01</i>	49,90	36,32	0	9,56	0	210

Zdroj: Vlastní zpracování

Statistika lidské práce týdenní simulace je obsažena v Tab. 4.31. Využití pracovníků se pohybuje v rozmezí od 43,12 % do 52,08 %. Nevyužití pracovníků v průměrném vyjádření překračuje 50 %.

Tab. 4.31 Statistika lidské práce za týden

STATISTIKA LIDSKÉ PRÁCE v (%)		
<i>Jméno pracovníka</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>
<i>Franta</i>	43,68	56,32
<i>Pepa</i>	52,08	47,92
<i>Lád'a</i>	43,12	56,88
<i>Opravář</i>	48,22	51,78

Zdroj: Vlastní zpracování

4.4.3 Simulace 27000 minut

Z dynamické simulace jednoho měsíce vyplývá, že na lince OV 225 bylo vyexpedováno 1053 kusů obrobků, z toho 466 krátkých a 587 dlouhých. Na lince OV 250 v průběhu jednoho měsíce bylo vyexpedováno 840 obrobků, z toho 257 krátkých a 583 dlouhých.

Využití úzkého místa v měsíční simulaci na lince OV 225 bylo 74,84 %. Nevhodným jevem je, že CNC2 nebylo dostatečně zásobeno kusy obrobků a na úzkém místě tedy docházelo ke ztrátě času způsobené čekáním na obrobky. Celková výše expedovaných obrobků je 1053. Podrobná statistika strojů linky OV 225 je součástí Tab. 4.32.

Tab. 4.32 Statistika strojů linky osové výšky 225

<i>Linka osové výšky 225 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC1</i>	55,46	0,20	14,64	13	8,78	1056
<i>CNC2</i>	74,84	14,23	0	4,30	0	1054
<i>F1</i>	55,46	23,84	0	12,58	0	1053

Zdroj: Vlastní zpracování

Produkce na lince OV 250 je v celkové výši 840 obrobků. Úzké místo je využito na 75,58 %. Na úzkém místě dochází k procentuálnímu nevyužití stroje, které je způsobeno čekáním na obrobek z předchozí operace. Detailní statistika strojů měsíční simulace je součástí Tab. 4.33.

Tab. 4.33 Statistika strojů linky osové výšky 250

<i>Linka osové výšky 250 - STATISTIKA STROJŮ v (%)</i>						<i>Počet kusů, které prošly strojem</i>
<i>Typ stroje</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>	<i>Blokováno</i>	<i>Cyklus čekání na předchozí operaci</i>	<i>Poruchy</i>	
<i>CNC01</i>	43,4	0	30,1	10,6	6,67	846
<i>CNC02</i>	75,58	11,32	0	2,59	2	842
<i>F01</i>	49,90	32,46	0	10,28	0	840

Zdroj: Vlastní zpracování

V Tab. 4.34 jsou hodnoty využití lidských zdrojů vyplývající z měsíční simulace. Hodnoty využití se pohybují v rozmezí od 45,35 % do 50,60 %.

Tab. 4.34 Statistika lidské práce za měsíc

<i>STATISTIKA LIDSKÉ PRÁCE v (%)</i>		
<i>Jméno pracovníka</i>	<i>Využití</i>	<i>Nevyužití</i>
<i>Franta</i>	45,35	54,65
<i>Pepa</i>	50,60	49,40
<i>Láďa</i>	44,57	55,43
<i>Opravář</i>	49,12	50,88

Zdroj: Vlastní zpracování

5 Analýza procesu, návrhy a opatření

Hodnoty ze simulací jednoho měsíce (strojové práce linky OV 225) obsahuje Tab. 5.1. Porovnávané náměry jsou z norem v Siemensu – zkratka SEM, z naměřených hodnot – SKUTEČNÉ a z hodnot ze simulace změněných pracovních pozic jsou v náměru ZMĚNA.

Z dat je patrné, že změna pracovních pozic zaměstnanců by nebyla pro výrobní proces prospěšná. Naměřené časy se od časů v SEM odlišují. Skutečná výrobní kapacita strojů je oproti normám v SEM vyšší. Náměrem skutečných hodnot a následnou simulací docházíme k závěru, že by výrobní kapacita strojů byla schopna vyrobit více kusů, o 159 za měsíc.

Tab. 5.1 Statistika srovnání hodnot strojové práce linky OV 225 za měsíc

<i>SROVNÁNÍ HODNOT STROJOVÉ PRÁCE LINKY OV 225 / MĚSÍC</i>				
<i>Typ stroje</i>	<i>Náměr</i>	<i>Využití (%)</i>	<i>Nevyužití (%)</i>	<i>Celková produkce (ks)</i>
CNC1	<i>SEM</i>	49,21	21,41	937
	<i>SKUTEČNÉ</i>	57,69	0,17	1098
	<i>ZMĚNA</i>	55,46	0,20	1056
CNC2	<i>SEM</i>	66,36	20,93	935
	<i>SKUTEČNÉ</i>	77,67	3,78	1094
	<i>ZMĚNA</i>	74,84	14,23	1054
F1	<i>SEM</i>	49,17	21,41	934
	<i>SKUTEČNÉ</i>	57,56	23,89	1093
	<i>ZMĚNA</i>	55,46	23,84	1053

Zdroj: Vlastní zpracování

Porovnání hodnot strojové práce linky OV 250 je součástí Tab. 5.2. Schopnost produkce linky OV 250 za měsíc je o 69 obrobků více. Procentuální skutečné využití strojů je oproti využívaným hodnotám v SEM vyšší.

Tab. 5.2 Statistika srovnání hodnot strojové práce OV 250 za měsíc

SROVNÁNÍ HODNOT STROJOVÉ PRÁCE LINKY OV 250 / MĚSÍC				
<i>Typ stroje</i>	<i>Náměr</i>	<i>Využití (%)</i>	<i>Nevyužití (%)</i>	<i>Celková produkce (ks)</i>
CNC01	SEM	41,45	14,43	808
	SKUTEČNÉ	45,09	0	879
	ZMĚNA	43,40	0	846
CNC02	SEM	72,26	10,12	805
	SKUTEČNÉ	78,52	3,10	875
	ZMĚNA	75,58	11,32	842
F01	SEM	47,82	40,61	805
	SKUTEČNÉ	51,98	33,74	874
	ZMĚNA	49,90	32,46	840

Zdroj: Vlastní zpracování

Využití lidských zdrojů je ve skutečnosti okolo 49 %. Dle norem SEM je využití zaměstnanců daleko nižší. Navrhovaná změna pracovních pozic zaměstnanců by pozitivní zvýšení využití výrobních faktorů nepřinesla, proto není vhodné tuto změnu v SEM realizovat.

Tab. 5.3 Statistika srovnání hodnot lidské práce za měsíc

SROVNÁNÍ HODNOT LIDSKÉ PRÁCE / MĚSÍC						
Jméno pracovníka	SEM		SKUTEČNÉ		ZMĚNA	
	<i>Využití (%)</i>	<i>Nevyužití (%)</i>	<i>Využití (%)</i>	<i>Nevyužití (%)</i>	<i>Využití (%)</i>	<i>Nevyužití (%)</i>
<i>Franta</i>	42,96	57,04	47,58	52,42	45,35	54,65
<i>Pepa</i>	44,69	55,31	52,57	47,43	50,60	49,40
<i>Lada</i>	39,53	60,47	45,03	54,97	44,57	55,43
<i>Opravář</i>	43,30	56,70	50,49	49,51	49,12	50,88

Zdroj: Vlastní zpracování

Aktuálním návrhem pro firmu SEM Frenštát je přepracování technickohospodářských norem spotřeby času, dle kterých se výrobní proces na úseku obrobny řídí. Druhým návrhem je vytváření zásob před frézovacími centry. Při tvorbě zásob je nezbytné, aby předcházející pracoviště, tj. CNC1, CNC2 a CNC01, CNC02, rozšířily dosavadní pětidenní pracovní týden minimálně o 2 směny navíc. Rozšíření o 2 směny se týká pouze soustruhů, nikoliv frézovacích center. Třetím doporučením je technická úprava upínacího systému obrobku ve stroji CNC02. Zlepšením stability obrobku ve stroji by se mohlo využít vyšších otáček soustružení, kterými stroj technicky disponuje. Zvýšením řezných parametrů stroje by došlo ke zkrácení času opracování obrobku na úzkém místě. Zvýšením řezných parametrů stroje předpokládáme zkrácení doby opracování obrobku a tím i snížení taktu celé linky OV 250. S navýšením otáček o 20 % by došlo k předpokládanému snížení času soustružení na stroji CNC02 o 2,9 min. Úspora času (2,9 min) se týká snížení taktu linky OV 250, jelikož stroj CNC02 představuje úzké místo.

6 Závěr

Práce byla zpracována v Siemens, s.r.o., odštěpném závodě Elektromotory Frenštát, s cílem tvorby modelu logistických toků úseku obrobny v podniku SEM, v programu Witness. Při zpracovávání diplomové práce a dynamické simulaci byly použity informace z interních zdrojů útvaru technologie a z hodnot naměřených při výrobním procesu.

Tvorba jednotlivých variant ve třech časových provedeních poskytla dostatečné množství statistických výsledků, na základě kterých autorka doporučila firmě SEM realizaci jednotlivých opatření.

Z pohledu autorky je důležité zaměřit se na přepracování aktuálních technickohospodářských norem spotřeby času. Pro přepracování mohou být jednak využita data, která naměřila autorka pro potřeby diplomové práce, nebo mohou být náměry udělaný nové. Druhým návrhem je vytváření zásob před frézovacími centry. Vytváření těchto zásob je podmíněno řadou faktorů, které firma musí zohlednit a podle toho pak zhodnotit výhodnost tohoto návrhu. Třetím návrhem je, aby došlo k úpravě upínacího systému ve stroji CNC02 linky OV 250. Se současným upínacím systémem obrobku nemůže operátor dostatečně využít parametrů stroje, které by byly možné. Varianta technologického vylepšení upínacího systému ve stroji bude mít na firmu menší finanční dopad oproti situaci, kdy by se firma rozhodla zakoupit stroj nový.

Veškerá doporučení byla podniku předložena. Změny dle návrhů budou realizovány v průběhu letošního roku. Cíl práce byl splněn.

Seznam použité literatury

Knižní zdroje

DLOUHÝ, Martin, Jan FÁBRY, Martina KUNCOVÁ a Tomáš HLADÍK. *Simulace podnikových procesů*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2007. 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4. (Dlouhý, Fábry, Kuncová, Hladík 2007)

HORVÁTH, Gejza. *Logistika ve výrobním podniku*. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2007. 215 s. ISBN 978-80-7043-634-9. (Horváth, 2007)

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum. Kvantitativní metody pro ekonomické rozhodování*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2002. 323 s. ISBN 80-86419-23-1. (Jablonský, 2002)

KOŠTURIÁK, Ján. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Vyd. 1. Překlad Kateřina Janošková. Brno: Computer Press, 2010, v, 234 s. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-2349-2. (Košturiak, 2010)

LAW, Averill M. *Simulation modeling and analysis*. 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 2006, xix. 768 p. ISBN 00-729-8843-6. (Law, 2006)

MACUROVÁ, Pavla. *Logistika II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010. 120 s. ISBN 978-80-248-2239-6. (Macurová, 2010)

MACUROVÁ, Pavla. *Řízení rizik v logistice*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2011. 250 s. ISBN 978-80-248-2538-0. (Macurová a kol., 2011)

WOODS L. Robert, Kent L. LOWRENCE. *Modeling and simulation of dynamic systems*. Upper Saddle River, N.J: Prentice-Hall, 1997. 521 p. ISBN 01-333-7379-7. (Woods, 1997)

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, V.: *Řízení výroby*. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1. (Tomek, Vávrová 2000)

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby. Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. Vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014. 368 s. ISBN 978-80-247-4486-5. (Tomek, Vávrová 2014)

Diplomová práce

VOJKOVSKÝ, Ondřej. *Optimalizace mazacích plánů ve firmě Siemens Elektromotory Frenštát*. Ostrava, 2013. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování. (Vojkovský, 2013)

Internetové zdroje

DYNAMIC FUTURE s.r.o. *Witness* [online]. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://www.dynamicfuture.cz/witness/>

Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Frenštát. *Historie odštěpného závodu Elektromotory Frenštát* [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/industry/OZ_Frenstat/Pages/OZ_Frenstat.aspx

Ostatní zdroje

STATOR. Interní časopis firmy Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Frenštát. 24. října 2013. (STATOR, 2013)

Seznam zkratek

SEM – Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Frenštát

ÚM – úzké místo

THN – technicko – hospodářské normy

PP – produktivita práce

KVP – kontinuální vylepšování procesů

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě, dne 25. dubna 2014


.....
Lucie Tomková

Seznam příloh

Příloha 1	Synchronizace na lince 225
Příloha 2	Hodnoty stroje CNC1
Příloha 3	Hodnoty stroje CNC2
Příloha 4	Hodnoty frézy F1
Příloha 5	Synchronizace linky 250
Příloha 6	Hodnoty stroje CNC01
Příloha 7	Hodnoty stroje CNC02
Příloha 8	Hodnoty frézy F01